

Universidad Pública de Navarra
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

Nafarroako Unibertsitate Publikoa
NEKAZARITZA INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

**DESARROLLO DE UN SNACK HORNEADO SIN GLUTEN CON HARINAS DE MAÍZ, QUINOA Y
ARROZ**

presentado por

ADRIÁN ELIZARI VIDAURRE *k*

aurkeztua

GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS
GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN INGENIARITZAN

Enero, 2019 / 2019, Urtarrila

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue desarrollar un snack sin gluten con almidón de maíz, harina de quinoa y harina de arroz con unas propiedades físicas adecuadas y una calidad organoléptica aceptable. Para ello, se realizaron distintos experimentos en los que se modificó la cantidad de harina de quinoa y de arroz, se añadieron dos hidrocoloides distintos (goma xantana e hidroxipropilmetilcelulosa-HPMC) y se ajustó el tiempo y la temperatura de horneado. Se analizó la humedad, dimensiones, firmeza y color de los snacks, y se evaluó el grado de aceptación por parte de un grupo de 46 consumidores por medio de dos pruebas afectivas: escala hedónica y ordenación por preferencia. Los snacks con una alta proporción de harina de quinoa presentaron unas dimensiones superiores a los más ricos en harina de arroz, así como un color de la corteza y de la miga más oscuro. La goma xantana a una concentración del 1 % mejoraba significativamente la altura de los snacks en comparación con el HPMC. La cocción más adecuada para alcanzar un nivel de humedad suficientemente bajo sin oscurecer demasiado los snacks fue la realizada a 160 °C durante 18 minutos. Finalmente, las evaluaciones sensoriales mostraron que los snacks mejor puntuados fueron aquellos que presentaban un mayor contenido en harina de arroz (50 %), particularmente en lo que se refiere al color y la apariencia.

Palabras clave: gluten, snack, hidrocoloide, goma xantana, harina.

ABSTRACT

The objective of this project was to develop a gluten free snack with corn starch, quinoa and rice flour with appropriate physic properties and an acceptable organoleptic quality. Different experiments were done in which the amount of quinoa and rice flour was modified, two different hydrocolloids were added (xanthan gum and hydroxypropylmethylcellulose-HPMC) and the baking time and temperature were set. The snacks moisture, dimensions, firmness and color were analyzed, and the sensory acceptability was evaluated from a group of 46 consumers, through two affective tests: hedonic scale and preference ranking. The snacks with a high proportion of quinoa flour showed higher dimensions than the ones with high proportion of rice flour, as well as a darker crust and crumb color. The xanthan gum in a concentration of 1 % significantly improved the height of the snacks in comparison with HPMC. The most adequate baking for reaching a low enough moisture level without darkening too much the snacks was the done at 160 °C during 18 minutes. Finally, the sensory evaluations showed that the snacks with a higher content of rice flour (50 %) were the most valued, particularly in what refers to color and appearance.

Key words: gluten, snack, hydrocolloid, xanthan gum, flour.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 La enfermedad celíaca.....	1
1.2 Gluten.....	2
1.3 Mercado de los productos sin gluten.....	2
1.4 Materias primas en productos de panificación sin gluten	4
1.5 Hidrocoloides en sustitución del gluten	5
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Materiales empleados.....	8
3.1.1 Materias primas	8
3.1.2 Equipos.....	9
3.1.3 Instrumentos y materiales auxiliares	9
3.2 Formulación de partida.....	9
3.3 Diseños experimentales.....	10
3.4 Proceso de elaboración.....	13
3.5 Caracterización del producto.....	15
3.5.1 Humedad	15
3.5.2 Dimensiones	15
3.5.3 Color.....	15
3.5.4 Firmeza.....	17
3.6 Análisis sensorial.....	17
3.7 Análisis estadístico.....	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Diseño experimental 1.....	19
4.1.1 Humedad	19
4.1.2 Color.....	19
4.1.3 Dimensiones	20
4.2 Diseño experimental 2.....	22
4.2.1 Humedad	22
4.2.2 Color.....	23
4.2.3 Dimensiones	28
4.2.4 Firmeza.....	34
4.3 Diseño experimental 3.....	36

4.3.1	Humedad	36
4.3.2	Color.....	37
4.3.3	Dimensiones	38
4.3.4	Firmeza.....	39
4.4	Diseño experimental 4.....	40
4.4.1	Humedad	40
4.4.2	Color.....	40
4.4.3	Dimensiones	41
4.4.4	Firmeza.....	42
4.5	Análisis sensorial.....	42
5.	CONCLUSIONES	47
6.	REFERENCIAS	48
	ANEXO I	52
	ANEXO II.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Nombre que reciben las prolaminas y glutelinas en algunos cereales.....	2
Tabla 2.	Marcas con mayor cuota de mercado de productos sin gluten en Europa Occidental y España.	4
Tabla 3.	Información nutricional de las harinas (g en 100 g).....	8
Tabla 4.	Formulación de referencia.....	9
Tabla 5.	Formulación final empleada.....	10
Tabla 6.	Humedad perteneciente a los distintos tipos de harinas.	10
Tabla 7.	Diseño 1. Partes de harinas de trigo y de harinas sin gluten.	10
Tabla 8.	Formulaciones (g) en el diseño 1.	11
Tabla 9.	Diseño experimental 2. Partes de harinas e hidrocoloides.	11
Tabla 10.	Formulaciones (g) en el diseño experimental 2.	12
Tabla 11.	Diseño experimental 3. Condiciones de horneado.	13
Tabla 12.	Diseño experimental 4. Partes de harinas.....	13
Tabla 13.	Formulaciones (g) en el diseño experimental 4.	13
Tabla 14.	Valores CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 1.....	19
Tabla 15.	Valores CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 1.	20
Tabla 16.	Valores CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 2.....	23
Tabla 17.	Valores CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 2.	25
Tabla 18.	Formulación a utilizar para optimizar las condiciones del proceso de cocción.	36
Tabla 19.	Coordenadas CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 3.	37
Tabla 20.	Coordenadas CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 3.....	38
Tabla 21.	Coordenadas CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 4.	41
Tabla 22.	Coordenadas CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 4.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento del sector sin gluten y segmentos más importantes en Europa Occidental y España.	3
Figura 2. Las distintas harinas empleadas para la realización de las pruebas.	8
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los colines.	14
Figura 4. Espacio de color CIELAB.	16
Figura 5. Foto tomada con la cámara digital para evaluar el color de la corteza.	16
Figura 6. Foto tomada con la cámara digital para evaluar el color de la miga.	16
Figura 7. Sonda de corte y cizalla HDP/BS utilizada para los ensayos de textura.	17
Figura 8. Medias y desviaciones de la altura de los snacks del diseño experimental 1.	21
Figura 9. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks del diseño experimental 1.	22
Figura 10. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la luminosidad en la corteza.	23
Figura 11. Interacción entre la cantidad de harinas de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada a^* en la corteza.	24
Figura 12. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada b^* en la corteza.	24
Figura 13. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada b^* en la corteza.	25
Figura 14. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada L^* en la miga.	26
Figura 15. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada L^* en la miga.	26
Figura 16. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada a^* en la miga.	27
Figura 17. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de Xantana empleada y su efecto en la coordenada b^* en la miga.	27
Figura 18. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada b^* en la miga.	28
Figura 19. Media y desviaciones de la longitud de los snacks agrupados por hidrocoloide.	28
Figura 20. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la longitud de los snacks.	29
Figura 21. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la longitud de los snacks.	30
Figura 22. Media y desviaciones de la anchura de los snacks agrupados por hidrocoloide.	30
Figura 23. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la anchura de los snacks.	31
Figura 24. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la anchura de los snacks.	31
Figura 25. Media y desviaciones de la altura de los snacks agrupados por hidrocoloide.	32
Figura 26. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la altura de los snacks.	32
Figura 27. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la altura de los snacks.	33
Figura 28. Media y desviaciones de la firmeza de los snacks agrupados por hidrocoloide.	34

Figura 29. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la firmeza de los snacks.....	35
Figura 30. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la firmeza de los snacks.	35
Figura 31. Medias y desviaciones de los datos de humedad de los snacks.	36
Figura 32. Medias y desviaciones de la luminosidad en los snacks.	37
Figura 33. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks agrupados por condiciones de horneado.....	39
Figura 34. Medias y desviaciones de la altura de los snacks agrupados por condiciones de horneado.....	39
Figura 35. Medias y desviaciones de la firmeza de los snacks agrupados por condiciones de horneado.....	40
Figura 36. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks del diseño experimental 4.....	42
Figura 37. Medias de la valoración de la apariencia de cada muestra presentada.	43
Figura 38. Medias de la valoración del color de cada muestra presentada.	43
Figura 39. Medias de la valoración del olor de cada muestra presentada.	44
Figura 40. Medias de la valoración de la textura de cada muestra presentada.....	44
Figura 41. Medias de la valoración del sabor de cada muestra presentada.	45
Figura 42. Medias de la puntuación de la valoración global de cada muestra presentada.	45
Figura 43. Gráfico de araña realizado con las puntuaciones de los atributos del producto.	46

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La enfermedad celíaca

La enfermedad celíaca (EC) es una enfermedad digestiva que produce daños en el intestino delgado. Además es una enfermedad autoinmune, es decir, el sistema inmune del organismo ataca las células del intestino delgado al detectar la ingesta de gluten, produciendo daño en el mismo (Shah, Serajuddin, and Mangione 2018). La respuesta es provocada por el consumo de alimentos que contienen gluten: una proteína que se encuentra de forma natural en el trigo, la cebada y el centeno (Kattelman 2017; Shah, Serajuddin, and Mangione 2018) y es común en alimentos tales como pan, pasta, galletas y pasteles. Muchos alimentos empaquetados, bálsamos para labios, productos para el cabello y la piel, dentífricos, suplementos alimenticios y vitaminas y, menos comúnmente, algunos medicamentos, contienen gluten.

La EC es la intolerancia más común en el mundo (Wieser and Koehler 2008), puede llegar a ser muy grave, causar problemas digestivos de larga duración y evitar que el cuerpo obtenga todos los nutrientes que necesita produciendo malabsorción (Gibert et al. 2008). También puede afectar a otras partes del cuerpo además del intestino, ya que también es considerada una enfermedad sistémica.

Según la Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE), los síntomas más frecuentes son: pérdida de peso, pérdida de apetito, fatiga, náuseas, vómitos, diarrea, distensión abdominal, pérdida de masa muscular, retraso del crecimiento, alteraciones del carácter, dolores abdominales, y anemia por déficit de hierro. Sin embargo, tanto en el niño como en el adulto, los síntomas pueden ser atípicos o estar ausentes, dificultando el diagnóstico.

Un porcentaje importante de personas muy alto (75 %) están sin diagnosticar, ya que la enfermedad se ha relacionado en el pasado únicamente con su forma sintomática, es decir, la que presenta claros síntomas, debido a esto es una enfermedad infradiagnosticada. Además las personas que tienen un familiar celíaco tienen más posibilidades de tener la enfermedad, siendo las mujeres más susceptibles que los hombres en una relación de 2 frente a 1.

Actualmente se ha demostrado que existen diferentes tipos de la enfermedad (Celiac Disease Foundation):

- Clásica: presenta diferentes síntomas propios de la enfermedad. Es el tipo de EC que más se suele diagnosticar.
- No clásica: el paciente puede tener síntomas de malabsorción u otros síntomas relacionados. Además puede presentar una larga lista de síntomas en principio no relacionados con la clásica enfermedad celíaca.
- No sintomática: no presenta síntomas, aunque si la persona se realiza una prueba de diagnóstico ésta dará positiva. Esto es debido a que la ingesta de gluten produce daño intestinal aunque no produzca síntomas. Suele ser diagnosticada muy tarde.

Existen enfermedades asociadas a la enfermedad celíaca, considerando a los individuos que tienen estas enfermedades grupos de riesgo debido a que su asociación se produce con una mayor frecuencia. Las enfermedades asociadas a la enfermedad celíaca son: dermatitis herpetiforme, diabetes mellitus tipo I, déficit selectivo de IgA, síndrome de Down, enfermedad hepática, enfermedades de tiroides e intolerancia a la lactosa. (FACE)

Esta enfermedad no tiene cura y el único tratamiento que existe es el seguimiento de una dieta estricta sin gluten durante toda la vida. El celíaco debe basar su dieta en alimentos que estén ausentes de gluten (Wieser and Koehler 2008).

1.2 Gluten

El gluten es un grupo de proteínas de determinados cereales que se dividen en dos fracciones: las prolaminas (gliadinas en el caso del trigo) y las glutelinas (gluteninas en el caso del trigo). Ambas fracciones son contribuidoras importantes de las propiedades reológicas de las masas, pero sus funciones son divergentes. Las gliadinas hidratadas tienen algo de elasticidad y son menos cohesivas que las gluteninas, contribuyen principalmente a la viscosidad y extensibilidad de la masa. Por el contrario, las gluteninas hidratadas son cohesivas y elásticas y contribuyen a la fuerza y la elasticidad de la masa (Wieser 2007). Según el Codex Alimentarius el gluten es “la fracción proteica del trigo, centeno, cebada, avena, de sus variedades híbridas y sus derivados, al que algunas personas son intolerantes, y es insoluble en agua y en $\text{CINa } 0,5 \text{ M}$ ” (CODEX 2008). Las prolaminas y glutelinas en otros cereales como el maíz o el arroz no se consideran gluten, porque no provocan la enfermedad celíaca.

Tabla 1. Nombre que reciben las prolaminas y glutelinas en algunos cereales.

Fracción	Trigo	Centeno	Cebada	Avena	Maíz
Prolamina	Gliadina	Secalina	Hordeína	Avenina	Zeína
Glutelina	Glutenina	Secalinina	Hordenina	Avelanina	Zelaina

Estas proteínas son responsables de la red de gluten que es la estructura que confiere la cohesividad, la viscosidad y la elasticidad de la masa de pan al mezclar y amasar la harina de trigo con agua (Veraverbeke and Delcour 2002). Además son en gran parte responsables de la capacidad de absorción de agua de la masa (Wieser 2007). Es decir, tienen una función estructural en el pan (Veraverbeke and Delcour 2002). Debido a esto las masas con gluten son capaces de aumentar su volumen gracias a la acumulación y retención por parte de la red de gluten del CO_2 generado en el interior por las levaduras en la fermentación alcohólica (Walker and Walker 2018). Todo esto genera una miga con una textura adecuada, por el contrario, si hubiese falta de gluten, el colapso individual de las burbujas de gas puede conducir a la formación de grandes agujeros o resultar en panes con poco volumen (Khan, K. & Nygard 2006).

Como consecuencia de la capacidad de absorción de agua de las masas con gluten, se obtiene un mejor rendimiento en el horneado, un producto más suave en cuanto a textura y una mayor vida útil (International Wheat Gluten Association, 2012).

1.3 Mercado de los productos sin gluten

Debido a la gran cantidad de personas que tienen la enfermedad, pero no están diagnosticadas, y del desarrollo de herramientas de diagnóstico más asequibles, se prevé que la sociedad demandará una mayor cantidad de productos sin gluten en el futuro. De hecho se estima que la demanda mundial de productos sin gluten aumentará un 5 % anual hasta 2021. Concretamente se espera un gasto de 4.000 millones de euros en 2020, frente a los 2.900 millones gastados en 2016 (FACE).

Según Euromonitor International, en Europa occidental el mercado sin gluten ha crecido un 91 % en los últimos 5 años y un 14 % de promedio anual hasta alcanzar una facturación de

1.590 millones en 2016, mientras que en España el mercado sin gluten ha crecido un 85 % en el mismo periodo de tiempo y un 13 % de promedio. El mercado sin gluten español supone un 8 % en cuanto al total del mercado europeo occidental, siendo su población un 11 % con respecto a la población total, por lo tanto todavía es un mercado capaz de aumentar su crecimiento.

Tanto en el mercado sin gluten europeo, como en el español, el segmento más importante es el de productos horneados, con un 45 % y un 29 %, respectivamente. En el primero, el pan constituye el 32 % y las galletas el 13 %. Mientras que en el segundo, el 22 % corresponde al pan y el 7 % a las galletas. En el mercado sin gluten de Europa occidental el segundo segmento más importante es el de la pasta con un 21 %. Por el contrario en España es el segmento de las comidas preparadas con un 27 %, casi tanto como el porcentaje de productos horneados, en cambio la pasta solo ocupa un 7 %.



Figura 1. Crecimiento del sector sin gluten y segmentos más importantes en Europa Occidental y España.

Además de las personas que necesitan no ingerir gluten en su dieta por tener la EC, existe otra corriente de personas que no son celíacas pero que siguen la dieta sin gluten simplemente por considerarla más saludable. La tendencia a una dieta más saludable también ha potenciado el sector sin gluten ya que la mayoría de materias primas comúnmente utilizadas en la sustitución del gluten de los alimentos son vegetales y pseudocereales, es decir, alimentos considerados saludables (Topper.A 2014).

Tras observar que el mercado sin gluten va a seguir creciendo y que el segmento más importante del mismo es el de productos horneados, se decidió realizar un estudio preliminar de distintos snacks horneados del tipo colín con gluten o sin gluten (si los hubiera) comercializados en siete supermercados distintos. El resultado del estudio está reflejado en el anexo 1.

El estudio mostró que a pesar de que el segmento de productos horneados es el más importante en el mercado sin gluten de España, apenas había comercializados snacks horneados de este tipo. Solo apenas tres productos sin gluten se registraron de entre todos los supermercados, por lo que podría ser un nicho de mercado en el sector y por lo tanto haber una mayor predisposición a la compra por parte de los consumidores.

Según Euromonitor Internacional en 2016 la compañía Dr Schär es la que alcanza una mayor cuota de mercado tanto en Europa como en España, con un 25 % y un 21 % respectivamente. A continuación se muestra el ranking de las 10 marcas que más cuota de mercado obtuvieron del mercado sin gluten en 2016 y su evolución desde 2011:

Tabla 2. Marcas con mayor cuota de mercado de productos sin gluten en Europa Occidental y España.

Ranking compañías						
Compañías Europa occidental	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 Dr Schär AG/SpA	25,50	24,90	24,30	22,90	24,60	24,60
2 Genius Foods Ltd	1,80	2,00	1,90	2,30	2,80	2,50
3 Hero Group GmbH	3,60	3,60	3,60	3,10	2,60	2,40
4 Otsuka Holdings Co Ltd	0,20	1,80	2,10	2,00	2,00	2,10
5 Nestlé SA	2,80	2,50	2,40	2,00	1,60	1,50
6 Danone, Groupe	2,70	2,50	2,30	2,00	1,70	1,50
7 Amy's Kitchen Inc	0,50	0,80	1,00	1,20	1,40	1,30
8 Warburtons Ltd	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,30
9 Haus Rabenhorst Verwaltungs & Vertriebs GmbH	2,00	1,90	1,80	1,60	1,40	1,30
10 Idea Team Srl	0,70	0,70	0,70	1,10	1,10	1,20
España						
1 Dr Schär AG/SpA	20,10	21,90	22,70	23,40	22,70	22,00
2 Nestlé SA	21,10	18,40	16,80	14,90	13,50	12,40
3 Grupo Bimbo SAB de CV	sin datos	1,60	2,80	3,90	4,30	4,20
4 Galletas Gullón SA	2,00	2,50	2,90	3,30	3,10	3,00
5 Comercial Gallo SA	2,00	2,10	2,30	2,50	2,80	2,90
6 Hero Group GmbH	4,30	3,90	3,50	2,90	2,50	2,20
7 Otsuka Holdings Co Ltd	1,50	1,40	1,40	1,50	1,40	1,30
8 Industrias Rodríguez SA	0,50	0,60	0,70	0,80	0,70	0,70
9 Kellogg Co	sin datos	sin datos	sin datos	0,30	0,50	0,60
10 Casa Santiveri SL	0,40	0,50	0,60	0,60	0,50	0,50

Fuente: Euromonitor International

En Europa las primeras diez compañías mostradas ocupan el 40 % de la cuota de mercado, llevándose más de la mitad la compañía Dr Schär, líder del sector. En España el top 10 de marcas aún abarca una mayor cuota de mercado con un 50 %, con Dr Schär a la cabeza, seguido de Nestlé con un 12,4 %. Aunque esta última llama la atención cómo se ha ido desinflando desde 2011 (21,1 % de cuota siendo líder en ese año por encima de Dr Schär) hasta el 2016.

1.4 Materias primas en productos de panificación sin gluten

Comúnmente las formulaciones de los distintos productos de panificación sin gluten suelen incluir almidones refinados y materias primas con un contenido menor en proteínas, fibra y micronutrientes, en comparación con sus homólogos con gluten (Matos Segura 2011). En la industria de los productos horneados sin gluten se utilizan una gran cantidad de harinas (arroz, maíz, sorgo) (Mancebo et al. 2015; Schober et al. 2005; Sciarini et al. 2010), pseudocereales (quinoa, amaranto, trigo sarraceno) (Hager and Arendt 2013; Mariotti, Pagani, and Lucisano 2013), harinas de leguminosas (soja, garbanzo) (Aguilar et al. 2015) y almidones (maíz, patata, mandioca) (Lazaridou et al. 2007; Mahmoud et al. 2013).

Debido a su valor nutricional la quinoa es un pseudocereal muy utilizado como sustituto de la harina de trigo en productos sin gluten. Tiene un alto contenido proteico, incluye albúminas y globulinas, y además un bajo contenido en prolaminas y glutaminas, la proteína con mayor presencia en cereales. Es también una fuente de antioxidantes, vitaminas y minerales (Alvarez-

Jubete, Arendt, and Gallagher 2009; Arneja, Tanwar, and Chauhan 2015). Este pseudocereal está naturalmente libre de gluten (Gibert et al. 2008).

Uno de las materias primas más utilizadas es el maíz. Se ha demostrado que en combinación con hidrocoloides, la harina de maíz junto con almidón de maíz pueden mejorar las características de la masa y generar un pan con un mayor volumen. Por esto mismo es ampliamente utilizado en productos sin gluten. Por el contrario no tiene mucho sabor y confiere a la miga una estructura apelmazada (Christianson et al. 1974; Sanchez, Osella, and De la Torre 2002). Además contiene zeína, una proteína del tipo prolamina considerada adecuada para la producción de panes sin gluten. Esta proteína combinada con almidón y agua puede formar masas que recuerdan a las de trigo por sus propiedades viscoelásticas (Schober et al. 2008). Además el almidón de maíz se utiliza para mejorar la textura, la apariencia y la aceptación general de productos horneados (Miyazaki et al. 2006). La gelatinización del almidón producido en el proceso de horneado juega un papel importante, ya que aumenta la capacidad de retener gas de la masa.

Otra materia prima adecuada y muy utilizada en gran parte de productos sin gluten es la harina de arroz, por su color blanquecino, sabor suave, tipo de proteínas que contiene (se considera hipoalergénica y con bajo contenido en prolaminas) (Gujral and Rosell 2004) y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión. Aunque por sí misma la harina de arroz no es capaz de formar una masa al añadirle agua con unas características viscoelásticas como las masas con gluten (Walker 2009; Marcoa and Rosell 2008). Debido a esto se utilizan diferentes gomas, almidones o hidrocoloides para asemejar la masa de arroz a la de trigo y paliar los distintos defectos que pueda generar la falta de gluten (Walker 2009).

Además algunos estudios como el de Álvarez-Jubete, et al., (2010) mostraron que panes realizados con mezclas de harina de arroz y pseudocereales como la quinoa conseguían retrasar el envejecimiento del pan, manteniendo la cohesividad y sin producir un aumento de la dureza al cabo de 5 días de su elaboración.

1.5 Hidrocoloides en sustitución del gluten

Como se ha comentado anteriormente, la falta de gluten produce unos productos de baja calidad tecnológica, siendo el reemplazo de esta proteína un reto para la empresa agroalimentaria (Li and Nie 2016). Es por lo que los productos de este tipo requieren el uso de almidones, gomas e hidrocoloides para mejorar la calidad tecnológica y sensorial de los mismos (Gallagher, Gormley, and Arendt 2004; Schober 2009).

Los hidrocoloides son polisacáridos solubles en agua con diversas estructuras químicas que tienen un amplio rango de propiedades tecnológicas, lo que les hace ser muy utilizados en la industria. Concretamente en este caso, son utilizados como agentes estructurantes para mimetizar las propiedades viscoelásticas del gluten y como enlazadores de agua (Gallagher, Gormley, and Arendt 2004; Mir et al. 2016; Schober 2009).

La calidad de los panes sin gluten depende del hidrocoloide empleado, de la naturaleza del mismo y de la cantidad utilizada. Todos los hidrocoloides interaccionan con agua, reduciendo su difusión y estabilizando su presencia. La propiedad de enlazar las moléculas de agua afecta a las propiedades de textura y previene la sinéresis. Algunos como carboximetilcelulosa (CMC), goma guar y goma xantana son solubles en agua fría, mientras que otros como por ejemplo los carragenanos o los alginatos requieren agua caliente para una hidratación eficiente (Anton and Artfield 2008; Capriles and Arêas 2014).

Además del tipo de hidrocoloide empleado, la naturaleza y la cantidad añadida, la calidad del producto final está influida por el resto de ingredientes utilizados, ya que, dependiendo de la matriz alimentaria en donde se usen los hidrocoloides, su efecto varía (Hager and Arendt 2013; Houben, Höchstötter, and Becker 2012).

Estos polisacáridos afectan al comportamiento y características de las masas, mejorando la viscosidad y estabilizando los ingredientes. La propiedad de la viscosidad cambia en función de la concentración y de la temperatura y, como se ha dicho antes, del hidrocoloide utilizado y los ingredientes presentes en la matriz (Marcotte, Hoshahili, and Ramaswamy 2001; Moreira, Chenlo, and Torres 2013).

Los dos hidrocoloides mayormente utilizados en la realización de pan sin gluten son hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y la goma xantana, esto es debido a la calidad del producto final con la que suelen dotar (Hager and Arendt 2013; Mancebo et al. 2015).

HPMC es un éter de celulosa que se obtiene de la unión química de grupos hidroxipropil y grupos metil a la columna vertebral celulósica de un β -1,4-D-glucano. Esto genera un polímero soluble en agua con una actividad superficial alta (Sarkar and Walker 1995). De tal manera que a temperaturas bajas el HPMC tiene una gran capacidad de retención de agua, pero cuando se calienta, forma un gel capaz de retener el gas, lo que es ideal para formulaciones de panes sin gluten. De esta manera genera el aumento del volumen deseado (Hager and Arendt 2013).

La goma xantana es un polisacárido producido por la bacteria *Xanthomonas campestris* (Diekjürgen and Grainger 2017; Peressini, Pin, and Sensidoni 2011). En pequeñas cantidades, incrementa el volumen del pan y mejora sus propiedades reológicas y sensoriales (Hager and Arendt 2013). Se recomienda utilizar dosis de entre 0.5 % hasta 2 % (% peso de harina), según los estudios consultados, para optimizar los atributos sensoriales y de textura (Hager and Arendt 2013; Sciarini et al. 2010).

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo será desarrollar snacks horneados tipo 'colín' sin gluten, sustituyendo la harina de trigo por mezclas de harinas de maíz, arroz y quinoa, con unas propiedades físicas adecuadas y una calidad organoléptica aceptable. Los objetivos específicos serán:

Evaluar la influencia de sustituir la harina de trigo por cada una de las harinas sin gluten, en propiedades físicas de los productos.

Evaluar el efecto de modificar las proporciones de harina de arroz y quinoa, la adición de hidrocoloides (hidroxipropilmetilcelulosa y goma xantana) y las condiciones de horneado, sobre propiedades físicas de los productos.

Evaluar el grado de aceptación de los productos obtenidos por parte de consumidores mediante un análisis hedónico.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales empleados

3.1.1 Materias primas

Para realizar las diferentes pruebas para la realización del producto se utilizaron las siguientes materias primas:

- Harina de trigo, marca Urdanoz.
- Harina de quinoa, marca el Granero integral.
- Harina de arroz integral, marca Celnat.
- Almidón de maíz, marca Maizena.
- Aceite de girasol, marca Urzante.
- Levadura fresca, marca Levanova.
- HPMC proporcionada por Moara.
- Goma xantana proporcionada por Moara.
- Sal fina.
- Agua.



Figura 2. Las distintas harinas empleadas para la realización de las pruebas.

Tabla 3. Información nutricional de las harinas (g en 100 g).

	Grasas	HC	Fibra	Proteínas	Sal
Harina de trigo	1,5 g	70 g	-	10,5 g	Menos de 0,1 g
Harina de quinoa	4,5 g	67,8 g	8,9 g	13,19 g	0,03 g
Harina de arroz	2,8 g	73,9 g	3 g	6,4 g	0,02 g
Harina de maíz	Menos de 0,5 g	86 g	1 g	Menos de 0,5 g	Menos de 0,01 g

3.1.2 Equipos

- Equipos utilizados en el procesado del producto:
 - o Balanza Cobos precisión.
 - o Thermomix.
 - o Cámara climática Weiss.
 - o Horno rational scc 101.
- Equipos de análisis:
 - o Estufa.
 - o Digieye, versión 6.2.
 - o Texturómetro TA.TX.PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer Aname).
 - o Cámara digital.

3.1.3 Instrumentos y materiales auxiliares

- Calibre.
- Cápsulas metálicas.
- Desecadores de campana.
- Báscula.
- Corta fiambres.
- Cucharas, cuchillos, vasos y pinzas.
- Bandejas de horno.
- Barquetas.

3.2 Formulación de partida

En un principio se utilizó la formulación de colines de Francisco Tejero, Asesoría Técnica en Panificación como referencia para la realización de estos colines. Esta formulación se presenta en la tabla 4:

Tabla 4. Formulación de referencia.

Ingredientes	Harina de trigo	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
%	64,94	25,97	1,3	5,19	2,6
Cantidad (g)	100	40	2	8	4

Finalmente tras una serie de pruebas preliminares se decidió retocar la formulación de referencia. En estas pruebas preliminares se trataba de ajustar la cantidad de ingredientes a utilizar y las condiciones del procesado, con el fin de obtener un producto con la mejor calidad organoléptica posible y unas características físicas aceptables. Se tuvieron en cuenta la maquinaria, las materias primas y los materiales de los que se disponía y el producto que se quería desarrollar. La formulación final se muestra en la tabla 5:

Tabla 5. Formulación final empleada.

Ingredientes	Harina de trigo	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
%	57,14	28,57	1,14	11,43	1,71
Cantidad (g)	100	50	2	20	3

Esta formulación solo fue modificada dependiendo de la cantidad de harina de cada tipo utilizada, ya que al ser harinas más o menos húmedas, se le añadía o no algo más de agua. Los otros ingredientes se mantendrían constantes.

La humedad de las harinas se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. Humedad perteneciente a los distintos tipos de harinas.

Materia prima	Humedad (%)
Harina de trigo	13,90
Harina de quinoa	10,4
Harina de arroz	9,2
Harina de maíz	12,4

3.3 Diseños experimentales

En el trabajo se realizaron diversos diseños experimentales para ir resolviendo los objetivos planteados.

En primer lugar, para comprobar el efecto que tenía la eliminación de la harina de trigo por cada una de las tres harinas sin gluten sobre las características físicas de los colines se decidió realizar el siguiente diseño experimental.

Tabla 7. Diseño 1. Partes de harinas de trigo y de harinas sin gluten.

Ensayos	Harina de trigo	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa
M25T75	75	25	-	-
M75T25	25	75	-	-
A25T75	75	-	25	-
A75T25	25	-	75	-
Q25T75	75	-	-	25
Q75T25	25	-	-	75
T100	100	-	-	-

Tabla 8. Formulaciones (g) en el diseño 1.

Ensayos	Harina de trigo	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
M25T75	112,5	37,5	-	-	80*	3	30	4,5
M75T25	37,5	112,5	-	-	80*	3	30	4,5
A25T75	112,5	-	37,5	-	80*	3	30	4,5
A75T25	37,5	-	112,5	-	80*	3	30	4,5
Q25T75	112,5	-	-	37,5	80*	3	30	4,5
Q75T25	37,5	-	-	112,5	80*	3	30	4,5
T100	150	-	-	-	80*	3	30	4,5

*cantidad de la que se partía. Si tras el amasado la masa no había ligado correctamente, se le añadía una cantidad medida de agua. A las formulaciones con harina de quinoa y a las que contenían harina de arroz se les añadió más agua por ser harinas menos húmedas.

Una vez que se tenía claro los efectos de las diferentes harinas a emplear, se propuso un diseño experimental en el que se modificaron las proporciones de dichas harinas en la formulación y se incluyó la incorporación (por separado) de distintas concentraciones de los hidrocoloides HPMC y goma xantana. Teniendo en cuenta el costo de las materias primas y los resultados obtenidos en los snacks con gluten realizados en el diseño anterior, se decidió dejar el contenido de harina de maíz constante y con una proporción elevada (40 %) por los buenos resultados obtenidos y por ser un producto de bajo coste y se modificó las proporciones de harina de arroz y quinoa (entre 20 y 40 partes). En la tabla 9 se muestra el diseño experimental:

Tabla 9. Diseño experimental 2. Partes de harinas e hidrocoloides.

Ensayos	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa	HPMC	Goma xantana
A40Q20	40	40	20	0	0
A20Q40	40	20	40	0	0
A40Q20 1,5 % HPMC	40	40	20	1,5	-
A20Q40 1,5 % HPMC	40	20	40	1,5	-
A40Q20 2 % HPMC	40	40	20	2,0	-
A20Q40 2 % HPMC	40	20	40	2,0	-
A40Q20 0,5 % xantana	40	40	20	-	0,5
A20Q40 0,5 % xantana	40	20	40	-	0,5
A40Q20 1 % xantana	40	40	20	-	1,0
A20Q40 1 % xantana	40	20	40	-	1,0

Tabla 10. Formulaciones (g) en el diseño experimental 2.

Ensayos	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa	HPMC	Goma xantana	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
A40Q20	60	60	30	-	-	80	3	30	4,5
A20Q40	60	30	60	-	-	80	3	30	4,5
A40Q20 1,5 % HPMC	60	60	30	2,25	-	80	3	30	4,5
A20Q40 1,5 % HPMC	60	30	60	2,25	-	80	3	30	4,5
A40Q20 2 % HPMC	60	60	30	3	-	80	3	30	4,5
A20Q40 2 % HPMC	60	30	60	3	-	80	3	30	4,5
A40Q20 0,5 % xantana	60	60	30	-	0,75	80	3	30	4,5
A20Q40 0,5 % xantana	60	30	60	-	0,75	80	3	30	4,5
A40Q20 1 % xantana	60	60	30	-	1,5	80	3	30	4,5
A20Q40 1 % xantana	60	30	60	-	1,5	80	3	30	4,5

Tras conocer el efecto de los dos hidrocoloides en el producto sin gluten, se propuso realizar un diseño experimental con el fin de optimizar el proceso de cocción u horneado para tratar de disminuir la humedad en los colines, de forma compatible con unas características físicas apropiadas (en particular el color de la corteza). En este diseño se utilizó siempre la misma formulación (40 partes de almidón de maíz, 20 de harina de arroz, 40 de quinoa y 1 parte de goma xantana). A continuación se muestra el diseño experimental propuesto:

Tabla 11. Diseño experimental 3. Condiciones de horneado.

Temperatura	Tiempo
180 °C	10 minutos
180 °C	12 minutos
170 °C	12 minutos
170 °C	14 minutos
170 °C	16 minutos
160 °C	14 minutos
160 °C	16 minutos
160 °C	18 minutos

Finalmente tras conocer el hidrocoloide a utilizar en el snack, la concentración óptima del mismo y las condiciones óptimas de horneado (1 % de goma xantana y 160 °C durante 16 minutos) se proponen 5 formulaciones para presentar en el análisis sensorial. Antes de presentarlas ante el consumidor se procede a la caracterización de las mismas, por si se generaran diferencias sustanciosas en las características físicas con respecto a las pruebas anteriores realizadas. De esta manera que se genera el cuarto y último diseño experimental mostrado en la tabla 12.

Tabla 12. Diseño experimental 4. Partes de harinas.

Ensayos	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa
A50Q10	40	50	10
A40Q20	40	40	20
A30Q30	40	30	30
A20Q40	40	20	40
A10Q50	40	10	50

Tabla 13. Formulaciones (g) en el diseño experimental 4.

Ensayos	Almidón de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa	Goma Xantana	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
A50Q10	60	75	15	1,5	80	3	30	4,5
A40Q20	60	60	30	1,5	80	3	30	4,5
A30Q30	60	45	45	1,5	80	3	30	4,5
A20Q40	60	30	60	1,5	80	3	30	4,5
A10Q50	60	15	75	1,5	80	3	30	4,5

3.4 Proceso de elaboración

Para la realización de los snacks sin gluten se siguen los siguientes pasos. En primer lugar se realiza el pesaje de todas las materias primas necesarias en la formulación seleccionada. Una vez que se han pesado todos los ingredientes, se procede a introducirlos dentro de la Thermomix para su amasado. En la Thermomix se selecciona la función de amasado y se amasa dos minutos.

Tras obtener la masa, se extrae de la Thermomix y se procede a la división de la misma en pequeños plastones de 10 g aproximadamente. Una vez que se ha dividido la masa, se debe

bolear cada plastón para facilitar luego el formado del colín, se procura que las bolas no tengan ninguna grieta en la superficie y que sean lo más uniformes posibles. Tras obtener todas las bolas (entre 21-25 bolas dependiendo de la masa que se pierda en la Thermomix, cantidad para 150 g de harina), se forman los colines. Tanto el boleado como el formado son manuales.

Los panes ya formados se colocan en una bandeja con un papel de horno encima y se introducen a la cámara climática para que fermenten. La duración de la fermentación es de 60 minutos y la temperatura y la humedad fijadas son de 26 °C y de 90 % respectivamente.

Después de la fermentación se introducen los snacks en el horno a 180 °C durante 10 minutos. Concluido el tiempo de horneado se debe dejar enfriar el snack al menos 15 minutos, para que termine de cocerse y que pierda la humedad y calor interior.

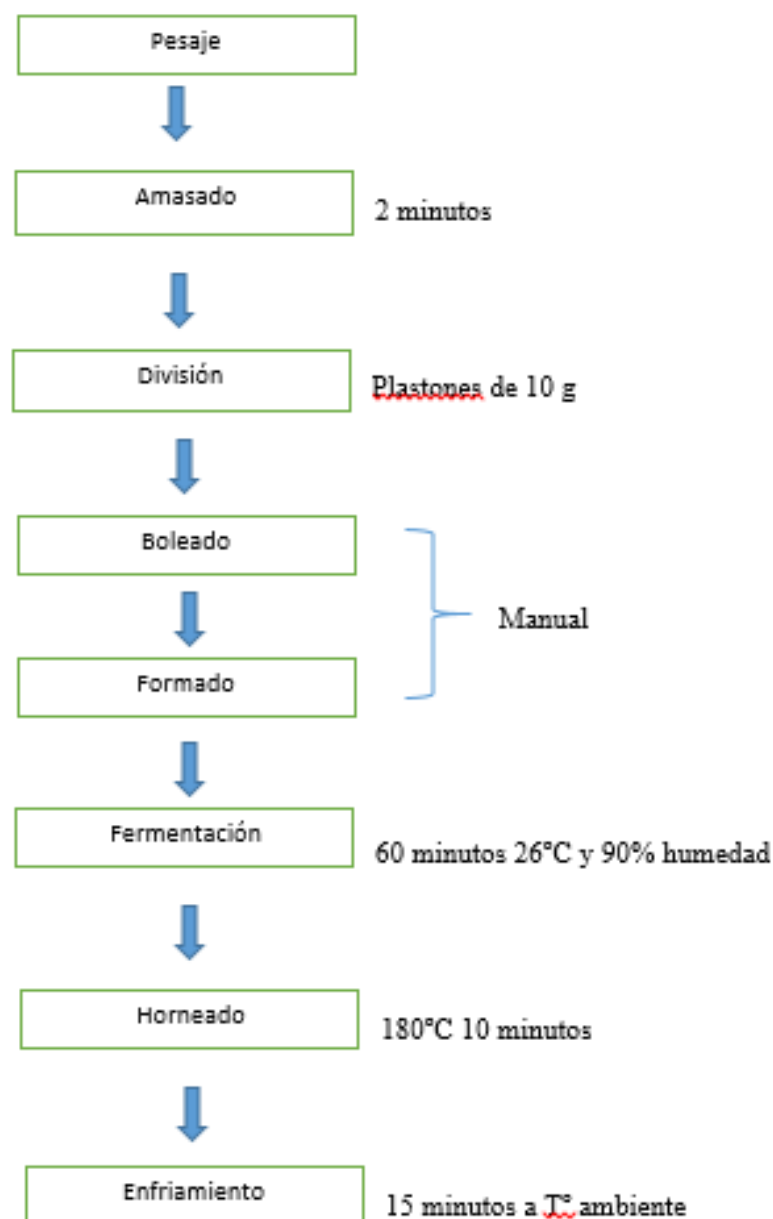


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los colines.

3.5 Caracterización del producto

Para evaluar las características del producto se analizan una serie de propiedades físicas que se consideran influyentes en la calidad del producto y, por tanto, en la aceptación del consumidor. Se van a evaluar los siguientes aspectos: humedad, dimensiones, color y textura.

3.5.1 Humedad

La humedad final del producto es el resultado de una gran cantidad de factores: la humedad presente de las materias primas y el agua añadida, el hidrocoloide utilizado y las condiciones del procesado. Además es una característica muy influyente en la aceptación o no del consumidor, ya que también influye en la textura del producto e, incluso, en el color y sabor.

Para medir la humedad se introducen 5 gramos de producto desmigado en cápsulas metálicas, tras terminar el enfriamiento, en el interior de una estufa a 105 °C durante 2 horas y 30 minutos, tiempo suficiente para eliminar todo el agua del producto y que su peso se mantenga constante por ser totalmente materia seca. Tras terminar el proceso de desecación, se sacan las cápsulas metálicas de la estufa y se introducen dentro de desecadores de campana, para que el producto se enfríe sin que gane humedad del ambiente. Tras esperar 10 minutos, se pesa cada cápsula para ver el peso que ha perdido y, por tanto, obtener el porcentaje de humedad mediante un simple cálculo:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_0 - P_f}{P_0} \times 100$$

Siendo P_f el peso del producto tras sacarlo de la estufa.

P_0 el peso del producto antes de meterlo en la estufa.

Por cada formulación se anotarán dos datos de humedad.

3.5.2 Dimensiones

Para comprobar el efecto del uso de los dos hidrocoloides, la medición de las dimensiones de los snacks es una buena forma de percatarse si está teniendo el efecto deseado en el producto. Comparando las diferentes pruebas utilizando o no los hidrocoloides se puede comprobar si el colín ha aumentado la altura y la anchura o ha disminuido la longitud. La longitud de los snacks debe ser aproximadamente de 8 cm.

Se realizarán 9 medidas de cada: longitud, anchura y altura. Para ello se utiliza un calibre y se mide siempre en la zona del centro del snack.

3.5.3 Color

Es una propiedad muy influyente a la hora de la aceptación del consumidor, dependerá de las materias primas empleadas y de las condiciones en el tratamiento térmico. Existen una gran cantidad de espacios de color, en este caso se utilizará el espacio de color CIELAB para evaluar el color de los colines. Este espacio consta de 3 coordenadas L^* , a^* y b^* :

- L^* se corresponde con la luminosidad. Cuanto mayor sea el número, más luminoso será el alimento y, por ende, cuanto menor sea la L^* tendrá unas tonalidades más oscuras.

- a^* se corresponde con los colores rojo y verde. Los valores positivos de a indican tonalidades rojizas, mientras que los negativos indican colores verdosos.
- b^* , en este caso los valores positivos de b indican colores amarillos y valores negativos, colores azules.

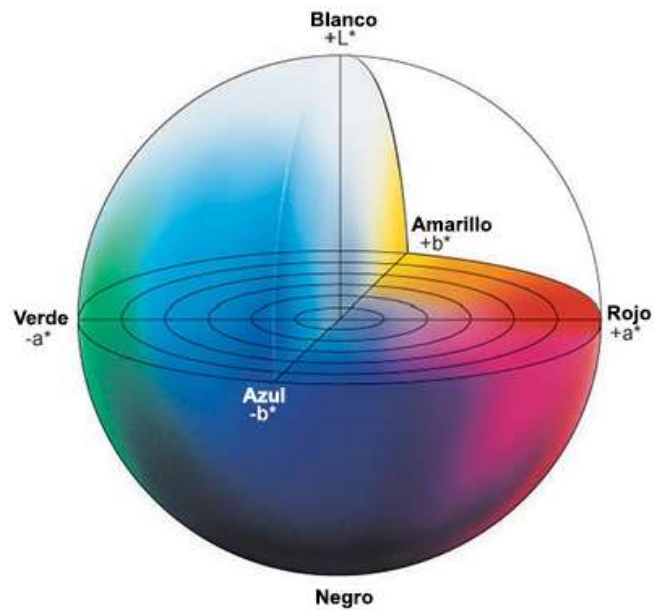


Figura 4. Espacio de color CIELAB.

Las coordenadas L^* , a^* y b^* serán medidas con el sistema de análisis de imagen digital Digieye versión 6.2 con una cámara digital acoplada. De tal manera que se tomará una foto de 5 colines para la corteza y de 4 para la miga. Para medir el color de la miga se realiza un corte con una corta fiambres y con ayuda de un espejo se toma la foto.



Figura 5. Foto tomada con la cámara digital para evaluar el color de la corteza.



Figura 6. Foto tomada con la cámara digital para evaluar el color de la miga.

El equipo tiene un software que permite medir el color seleccionando en un área de interés, en este caso por cada colín se mide tres veces, en caso de la corteza y en el de la miga, solo una vez. Se obtienen así 15 medidas de color de la corteza y 4 de la miga.

3.5.4 Firmeza

Es también una cualidad importante a la hora de evaluar el producto sensorialmente y, por tanto, ya que se van a utilizar hidrocoloides que van a cambiar la textura y el comportamiento de las masas, ver el efecto que tiene cada uno de ellos en la firmeza del pan.

En cuanto a la caracterización de la textura, se realiza un esfuerzo cortante en el centro del snack, utilizando una sonda de corte y cizalla HDP/BS incorporada al texturómetro TA.TX.PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer Aname). Los parámetros de ensayo son 2 mm/s y 25 mm de distancia de penetración. Se deben realizar 15 ensayos por formulación. Tras realizar todos los ensayos se debe recoger el dato que permita evaluar la firmeza del colín, es decir, la fuerza en N necesaria para romper por completo el snack.



Figura 7. Sonda de corte y cizalla HDP/BS utilizada para los ensayos de textura.

3.6 Análisis sensorial

Tras someter a todas las pruebas a caracterización, se procedió a realizar un análisis sensorial de las formulaciones que han tenido mejores resultados analíticos.

La cata fue realizada por 46 catadores, 24 de ellos hombres y 22 mujeres. De los 46 catadores, 21 (un 45,66 %) tenían una edad comprendida entre 20 y 30 años, 24 (un 52,17 %) tenía una edad de entre 30 y 65 años y solo un catador (un 2,17 %) tenía más de 65 años.

Este análisis sensorial consiste en una cata de carácter hedónico, en el que los catadores únicamente tienen que hacer una valoración de los atributos propios del producto y ver su preferencia ante la elección de una prueba u otra. También es conveniente realizar algunas preguntas de consumo para conocer si los catadores en cuestión están habituados a consumir este

tipo de productos y por último, conocer si existe una predisposición de compra tras realizar la cata del producto.

Las distintas muestras se codifican con un número de tres dígitos asignados al azar para no proporcionar ninguna información al catador (Sancho, Bota, & de Castro, 1999). Y el orden de presentación de las distintas muestras debe ser al azar también (Ibáñez & Barcina, 2001).

Para la realización de la cata se presentan 5 muestras de colines. Los consumidores valoraron en una escala hedónica estructurada de 7 puntos (siendo el 1 ‘me disgusta mucho’ y el 7 ‘me gusta mucho’) la apariencia, el color, el olor, la textura, el sabor y la valoración global de los snacks.

Además los catadores realizaron una ordenación por preferencia de las cinco muestras.

En el Anexo 2 se incluye la ficha de cata utilizada.

3.7 Análisis estadístico

Los datos recabados de las diferentes pruebas realizadas se trataron con el programa de análisis estadístico STATGRAPHICS. Para comprobar si había diferencias significativas entre las mismas, en los tres diseños se realizaron análisis de la varianza (ANOVA), con un nivel de significación del 95 % de confianza. En todos los diseños se realizaron ANOVA simples de un factor y en el diseño experimental 2 se realizaron también ANOVA multifactoriales, para tener en cuenta los diferentes factores que pudiesen introducir variabilidad en los resultados obtenidos tras la caracterización. El método de comparación múltiple de medias utilizado para comprobar si hay diferencias es el criterio Fisher LSD.

El análisis de la varianza se aplicó a las medidas instrumentales y a los atributos sensoriales analizados mediante escala hedónica. Los datos de la prueba de ordenación por preferencia se evaluaron estadísticamente a través del test no paramétrico de Friedman.

4. RESULTADOS

4.1 Diseño experimental 1

4.1.1 Humedad

La cantidad de agua en la masa se mantuvo constante controlando la humedad de las materias primas y el agua añadida y se obtuvieron colines con una humedad en torno al 19% sin diferencias significativas entre unos y otros.

4.1.2 Color

En la medición del color se pudo observar que dependiendo del uso de una u otra harina, el color del producto final variaba sustancialmente. En la corteza, concretamente, se observaron las mayores diferencias de color. A continuación en la tabla 14 se presentan los datos de color de la corteza:

Tabla 14. Valores CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 1.

Harinas utilizadas	L* corteza	a* corteza	b* corteza
A25T75	68,04 ± 4,41 ^a	15,51 ± 3,39 ^d	37,27 ± 1,54 ^d
A75T25	72,42 ± 1,64 ^b	9,07 ± 2,17 ^c	32,02 ± 2,60 ^c
M25T75	81,54 ± 1,91 ^c	6,17 ± 1,77 ^b	29,92 ± 3,56 ^b
M75T25	89,68 ± 0,51 ^d	1,40 ± 0,22 ^a	22,70 ± 0,56 ^a
Q25T75	60,45 ± 6,57 ^e	19,01 ± 2,71 ^e	35,87 ± 2,54 ^d
Q75T25	56,41 ± 5,00 ^f	17,95 ± 2,19 ^e	33,83 ± 1,72 ^c
T100	76,48 ± 3,19 ^g	10,33 ± 3,48 ^c	36,48 ± 3,64 ^d

La A, T, Q y M mayúsculas corresponden a harina de arroz, harina de trigo, harina de quinoa y harina de maíz, respectivamente. Mientras que las letras minúsculas corresponden a grupos homogéneos, pruebas con letras iguales no tienen diferencias significativas entre sí. Y por el contrario, pruebas con distintas letras son significativamente diferentes.

Entre todas las pruebas realizadas, la luminosidad era un factor diferencial, ya que se obtuvo que todas las muestras tenían diferencias significativas entre sí. En cuanto al parámetro a* las únicas pruebas que no tenían diferencias significativas entre sí eran las dos formulaciones con quinoa y la formulación con 100 % harina de trigo y la que tenía 75 % harina de arroz. Por último, la coordenada b* del espacio de color mostró 4 grupos distintos: las formulaciones con 75 % y 25 % de harina de maíz formaban un grupo cada una, porque eran significativamente diferentes con todas y cada una de las otras pruebas, las formulaciones con 75 % harina de arroz y 75 % harina de quinoa que conforman un grupo al no tener diferencias significativas entre sí y por último las pruebas con 25 % harina de arroz, 25 % harina de quinoa y 100 % harina de trigo constituyen el último grupo.

Como se preveía, la harina de quinoa confiere al snack un color más oscuro dándole un aspecto tostado, mientras que la harina de maíz, al ser totalmente blanca, produce panes con la corteza mucho más clara. La harina de arroz, al ser integral, también oscurecía la corteza, pero no tanto como la harina de quinoa. Las tonalidades de color rojo más acentuadas se observaron en las pruebas con harina de quinoa, mientras que las tonalidades menos rojizas se obtuvieron con la harina de maíz. Por último, las tonalidades más amarillentas se obtuvieron con las formulaciones

que estaban hechas 100% con harina de trigo o 75 % harina de trigo, con la excepción de la que tenía harina de maíz.

A continuación en la tabla 15 se muestran los datos del color obtenidos de la miga:

Tabla 15. Valores CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 1.

Harinas utilizadas	L*	a*	b*
A25T75	64,51 ± 1,07 ^c	6,45 ± 0,16 ^d	23,28 ± 0,33 ^{bc}
A75T25	61,09 ± 0,55 ^b	7,39 ± 0,31 ^e	25,13 ± 0,27 ^d
M25T75	70,33 ± 1,00 ^d	4,01 ± 0,32 ^b	21,43 ± 0,88 ^a
M75T25	72,82 ± 1,12 ^e	2,11 ± 0,49 ^a	22,51 ± 1,45 ^{ab}
Q25T75	61,24 ± 2,23 ^b	6,15 ± 0,71 ^d	23,94 ± 0,63 ^{cd}
Q75T25	51,07 ± 1,52 ^a	7,25 ± 0,36 ^e	23,81 ± 0,72 ^c
T100	68,51 ± 0,86 ^d	4,70 ± 0,42 ^c	22,83 ± 0,81 ^{bc}

La A, T, Q y M mayúsculas corresponden a harina de arroz, harina de trigo, harina de quinoa y harina de maíz, respectivamente. Mientras que las letras minúsculas corresponden a grupos homogéneos, pruebas con letras iguales no tienen diferencias significativas entre sí. Y por el contrario, pruebas con distintas letras son significativamente diferentes.

Por lo que respecta a la luminosidad de la miga, ocurre exactamente lo mismo que en la corteza, la quinoa confiere los tonos más oscuros, la harina de maíz los más claros y el arroz oscurece ligeramente el color, pero no tanto como la quinoa. Las únicas formulaciones que no tienen diferencias significativas entre sí, con respecto a la luminosidad fueron: la que contenía un 25 % de harina de quinoa, con la que tenía un 75 % de harina de arroz y la que contenía un 25 % de maíz, con la que tenía 100 % de harina de trigo.

En cuanto al parámetro a* las únicas muestras que conforman grupos homogéneos y no tienen diferencias significativas entre sí son la que contiene un 25 % de quinoa y un 25 % de arroz y la que contiene un 75 % de arroz y un 75 % de quinoa.

Por último el parámetro b* tiene muy pocas diferencias significativas entre las pruebas, debido a que los valores obtenidos son muy parejos, solo se han dividido en 4 grupos homogéneos y varias de las muestras comparten dos grupos.

4.1.3 Dimensiones

Para comprobar cuál de las materias primas tiene un mejor efecto en aumentar el volumen del snack sin gluten que se pretende realizar, se midieron las dimensiones de las distintas pruebas propuestas, en este caso se analizó la altura y la anchura.

A continuación, en la figura 8, se muestra la media de la altura que obtuvieron los snacks de cada prueba con sus desviaciones y los grupos estadísticos en los que se agruparon.

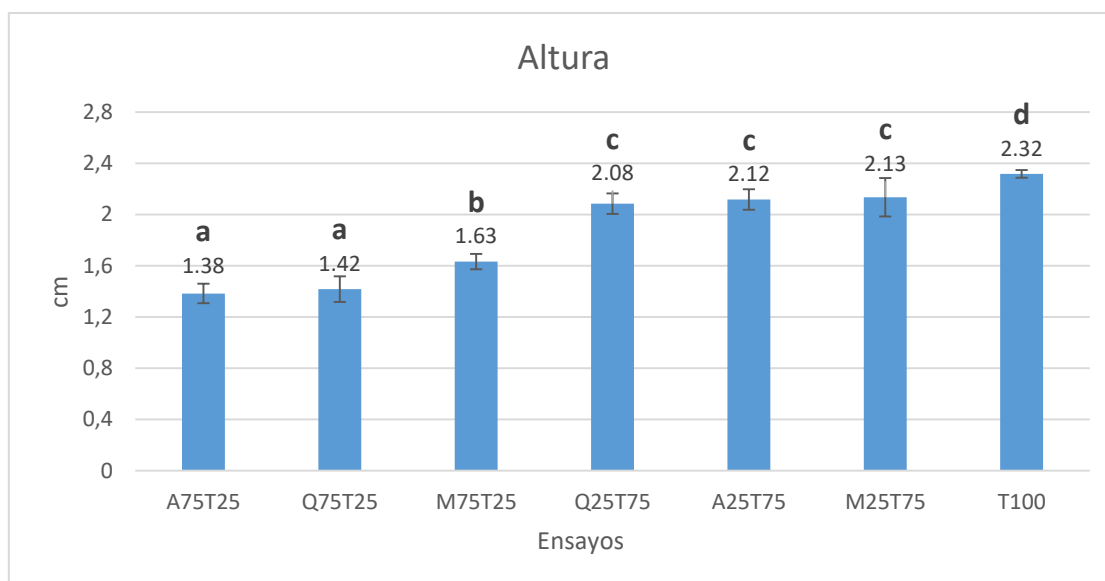


Figura 8. Medias y desviaciones de la altura de los snacks del diseño experimental 1.

La A, T, Q y M mayúsculas corresponden a harina de arroz, harina de trigo, harina de quinoa y harina de maíz, respectivamente. Mientras que las letras minúsculas corresponden a grupos homogéneos, pruebas con letras iguales no tienen diferencias significativas entre sí. Y por el contrario, pruebas con distintas letras son significativamente diferentes

Como se puede observar, los snacks con mayor porcentaje de harina de trigo son los que más altura han alcanzado, esto es debido a que, en presencia de agua y agitación, el gluten forma una red que rodea los gránulos de almidón y que es capaz de retener el gas en la fermentación y de esta manera aumentar la altura del producto (E.Gallagher T.R. Gormley y E.K. Arendt, 2004). Por el contrario, los snacks con menor cantidad de gluten (25 % harina de trigo) han disminuido la altura significativamente, debido a la pérdida del gas producido en la fermentación por no tener una correcta red de gluten. Se ha observado que, entre las materias primas sin gluten, la que mejor efecto tiene en la altura es el maíz. El ensayo realizado con un 75 % harina de maíz ha reflejado mejores resultados en la altura que sus homólogos de quinoa y arroz (75 % de harina de quinoa y arroz). El almidón de maíz ha sido ampliamente estudiado y utilizado en formulaciones de panes sin gluten. Un estudio realizado por López, et al., (2004) probó que el pan con almidón de maíz era el que mayor volumen obtenía comparado con dos panes sin gluten realizados con harina de arroz y almidón de yuca, aunque, en cuanto a textura, el pan realizado con harina de arroz fue el mejor posicionado. Otro estudio realizado por Suances (2013), en el que se evalúa el efecto del almidón de maíz y de trigo en panes con harina de arroz, mostró que ambos almidones generaban un pan con un volumen específico mayor, aunque en mayor medida el almidón de trigo.

Con respecto a la anchura se puede observar el mismo efecto, los colines con mayor contenido en trigo son los más anchos y en cuanto a las harinas sin gluten, la harina de maíz es la que mejor efecto ha tenido en cuanto al aumento de la anchura y por tanto, del volumen de los snacks. Destacar también que los snacks ricos en harina de quinoa han experimentado la anchura menor entre todos los colines.

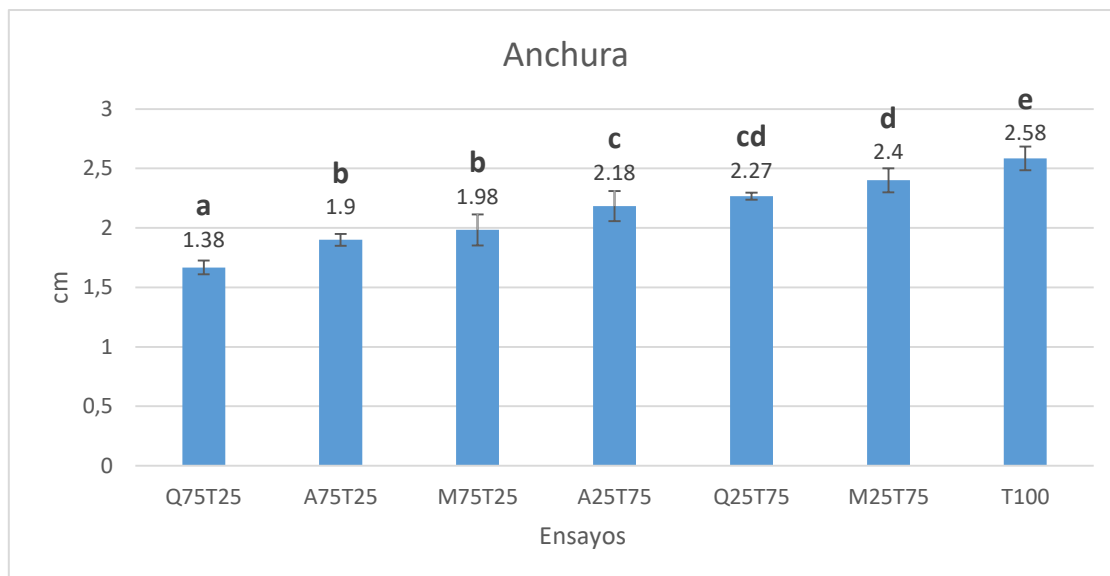


Figura 9. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks del diseño experimental 1.

La A, T, Q y M mayúsculas corresponden a harina de arroz, harina de trigo, harina de quinoa y harina de maíz, respectivamente. Mientras que las letras minúsculas corresponden a grupos homogéneos, pruebas con letras iguales no tienen diferencias significativas entre sí. Y por el contrario, pruebas con distintas letras son significativamente diferentes.

En cuanto a la longitud, no hay diferencias significativas entre las distintas formulaciones, todos los snacks median en torno a 8 cm ya que se intentaron realizar lo más homogéneos posibles e iguales en el formado.

Según los resultados expuestos anteriormente, se decide que el snack sin gluten a desarrollar estará compuesto en gran medida por harina de maíz (con respecto al total de la harina), debido al aumento que confiere a las dimensiones del snack.

4.2 Diseño experimental 2

Para analizar estadísticamente el efecto de los hidrocoloides, primeramente se realizaron análisis de la varianza de un solo factor, comparando los snacks sin hidrocoloides y los que sí tenían presentes en su formulación HPMC o goma xantana.

Por otro lado, con los datos correspondientes a los ensayos de cada hidrocoloide por separado, también se realizaron análisis de varianza multifactoriales para conocer en profundidad el efecto de la cantidad de harina de arroz o quinoa utilizada, así como el de la cantidad de hidrocoloide (HPMC o xantana) utilizado y la interacción entre ambos factores.

4.2.1 Humedad

En este caso, como sucedía en el anterior diseño, los snacks de todas las pruebas realizadas tenían una humedad de 19 %. Esto es debido a que apenas había variaciones en cuanto a las harinas utilizadas, la cantidad de agua añadida era siempre la misma y se mantuvieron las mismas condiciones de procesado en todas las fases.

4.2.2 Color

Tabla 16. Valores CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 2.

Ensayos	L*	a*	b*
Sin hidocoloide	64,49 ± 4,93 ^a	16,11 ± 3,56 ^a	37,14 ± 1,10 ^b
HPMC	66,39 ± 3,91 ^a	15,44 ± 2,59 ^a	35,77 ± 1,01 ^a
Goma xantana	65,65 ± 5,27 ^a	15,74 ± 3,16 ^a	35,67 ± 0,89 ^a

Como se puede observar en la tabla 16, agrupando las pruebas por presencia de HPMC, presencia de goma xantana y ausencia de hidocoloide, no se obtuvieron diferencias significativas en las coordenadas L* y a* para la corteza. Únicamente se han obtenido diferencias significativas en la coordenada b* entre los snacks que no tienen hidrocoloides con los que sí (tanto HPMC, como goma xantana), aunque de pequeña entidad.

En cuanto a los ANOVA multifactoriales, reflejaron que al disminuir la cantidad de harina de arroz y por tanto aumentar la cantidad de harina de quinoa, la luminosidad de la corteza decaía con diferencias significativas. Además, realizando el análisis de cada hidocoloide por separado, se pudo observar cómo la cantidad de xantana utilizada sí que tenía influencia en el caso de la luminosidad, existiendo interacción con el tipo de harina mayoritario. En la Figura 10, expuesta a continuación, se puede observar cómo la luminosidad decae en mayor medida al aumentar la cantidad de quinoa, así como de xantana empleadas. Y por el contrario, al aumentar la cantidad de harina de arroz utilizada, la luminosidad aumentaba en mayor medida cuanto más cantidad de xantana tuviera.

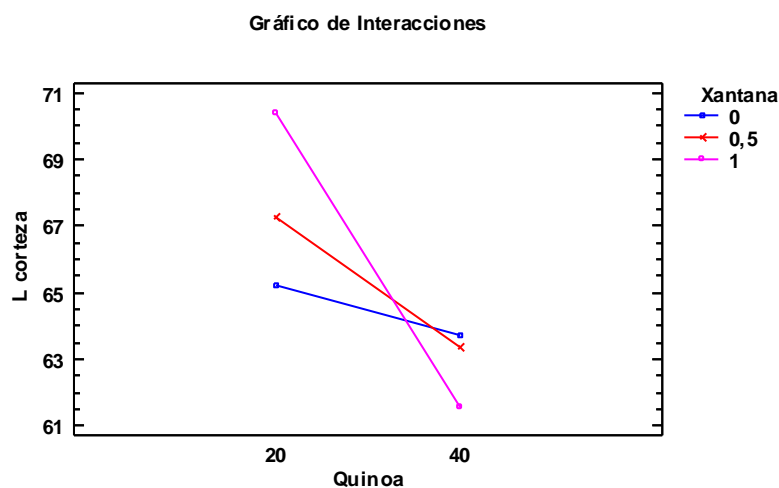


Figura 10. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la luminosidad en la corteza.

No se han observado diferencias significativas en la luminosidad de la corteza entre los snacks con mayor o menor cantidad de HPMC y no existe una interacción con la disminución o el aumento de la cantidad de harina de quinoa empleada. Lo mismo ocurre con la coordenada a* para HPMC.

Nuevamente para la coordenada a^* se observan diferencias significativas entre utilizar un 20 % o un 40 % de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada. Se puede observar cómo, al utilizar xantana, el parámetro a^* disminuye cuanto mayor cantidad haya para el 20 % de quinoa. Pero en cambio, al aumentar la cantidad de quinoa, el valor de a^* aumenta únicamente con la cantidad más alta de xantana.

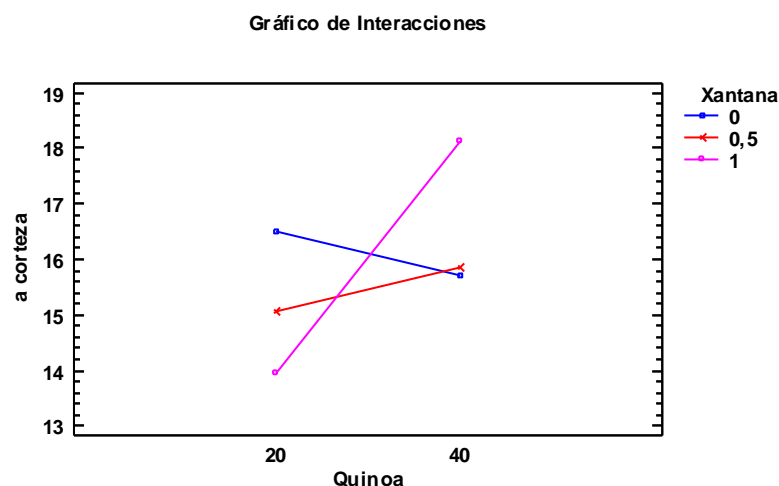


Figura 11. Interacción entre la cantidad de harinas de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada a^ en la corteza.*

Para la coordenada b^* en la corteza, ambos hidrocoloides tuvieron influencia según la cantidad utilizada mostrando diferencias significativas.

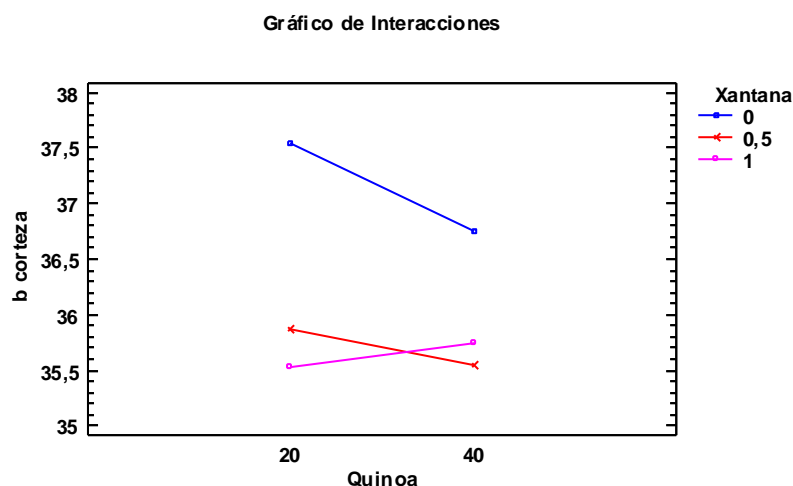


Figura 12. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada b^ en la corteza.*

En el caso de la xantana, el uso de la misma disminuye el valor de la coordenada b^* , disminuyendo el color amarillento de la corteza. Aunque no existe diferencia entre los snacks con 0,5 % de xantana y los de 1 %.

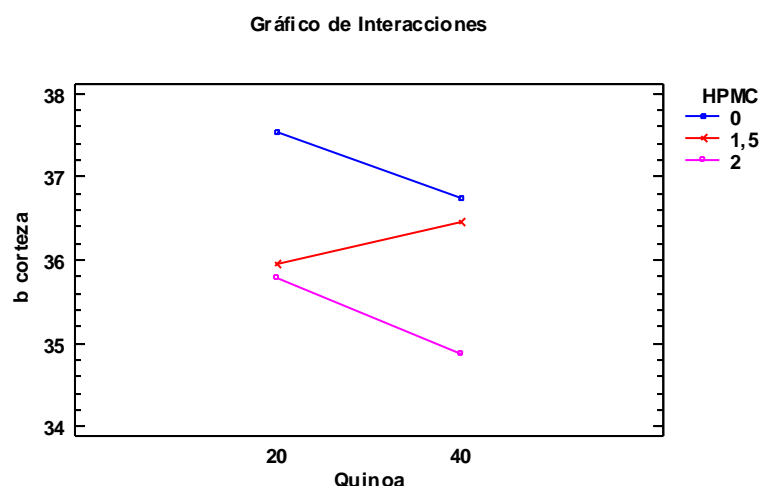


Figura 5. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada b en la corteza.*

En el caso del HPMC ocurre lo mismo, su utilización disminuye el color amarillento. Además en el caso de las pruebas con HPMC, la utilización de mayor o menor cantidad de harina de quinoa también mostraba diferencias significativas.

A continuación se recogen los datos del color de la miga, agrupados por snacks con hidrocoloides y snacks sin hidrocoloide.

Tabla 17. Valores CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 2.

Ensayos	L*	a*	b*
Sin hidrocoloide	59,52 ± 1,96 ^a	6,67 ± 0,43 ^b	26,15 ± 0,98 ^b
HPMC	60,74 ± 1,52 ^a	6,26 ± 0,40 ^a	25,16 ± 0,85 ^a
Goma xantana	59,97 ± 2,41 ^a	6,39 ± 0,39 ^{ab}	24,93 ± 0,94 ^a

Tras agrupar las pruebas por tipo de hidrocoloide y ausencia del mismo y realizar la media de las coordenadas, se puede observar que la utilización de un hidrocoloide u otro no ha tenido influencia en la luminosidad y no muestra diferencias significativas. En la coordenada a* las únicas diferencias significativas residen entre las formulaciones con HPMC y las que no tienen hidrocoloide, aunque las diferencias son pequeñas. En la coordenada b* se aprecian diferencias entre el uso de hidrocoloide y la ausencia del mismo. En cualquier caso, las diferencias son mínimas desde un punto de vista técnico.

Tras desglosar las pruebas por cantidad de hidrocoloide utilizado, se pudo observar que la quinoa reducía de forma significativa la luminosidad de la miga de las formulaciones con xantana, y que la utilización de mayor o menor cantidad hidrocoloide no generaba diferencias significativas. Tampoco había una interacción entre ambos factores.

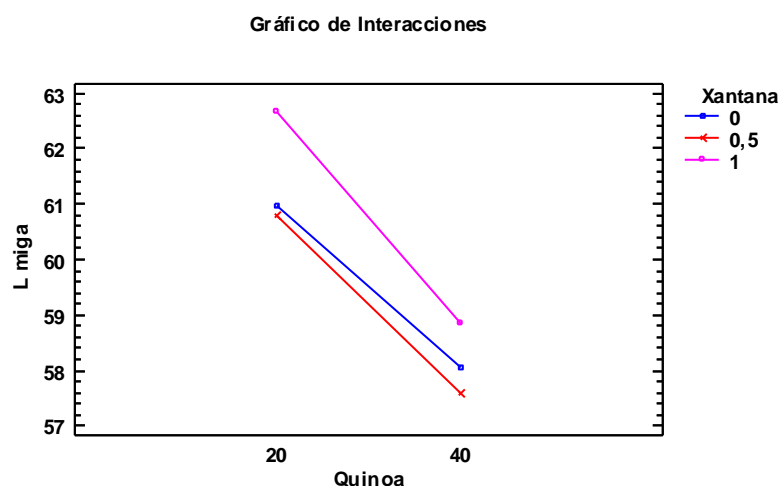


Figura 6. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de xantana empleada y su efecto en la coordenada L^ en la miga.*

En el caso del HPMC, la variación de la cantidad de harina de quinoa no generaba diferencias significativas en la luminosidad de la miga, mientras que la utilización de una menor o mayor cantidad de hidrocoloide sí que las introducía. La harina de quinoa disminuía la luminosidad de la miga de los snacks, salvo en el caso de las fórmulas con 1,5 % de HPMC, en las que se observó extrañamente lo contrario.

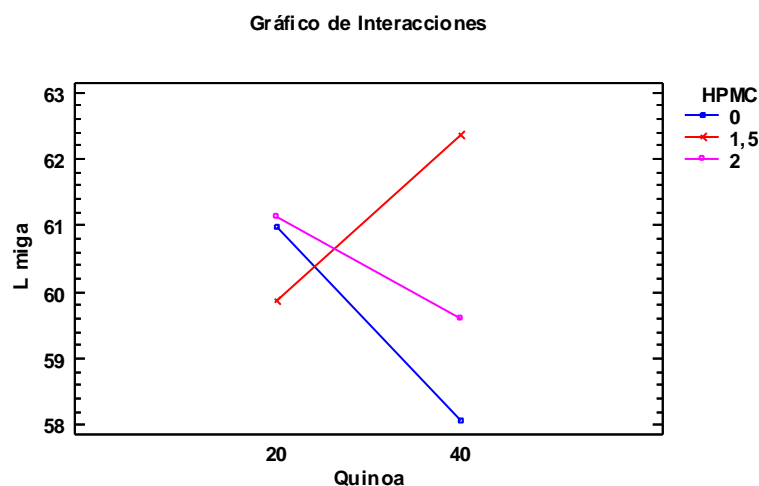


Figura 15. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada L^ en la miga.*

En cuanto a la coordenada de color a^* en la miga, la utilización de una mayor o menor cantidad de goma xantana no generaba diferencias significativas en este parámetro, tampoco así la cantidad de harina de quinoa, ni la interacción de ambas.

Por su parte, la utilización de mayor o menor cantidad de HPMC sí que generaba diferencias significativas en la coordenada a^* de la miga, aunque muy pequeñas desde una perspectiva técnica.

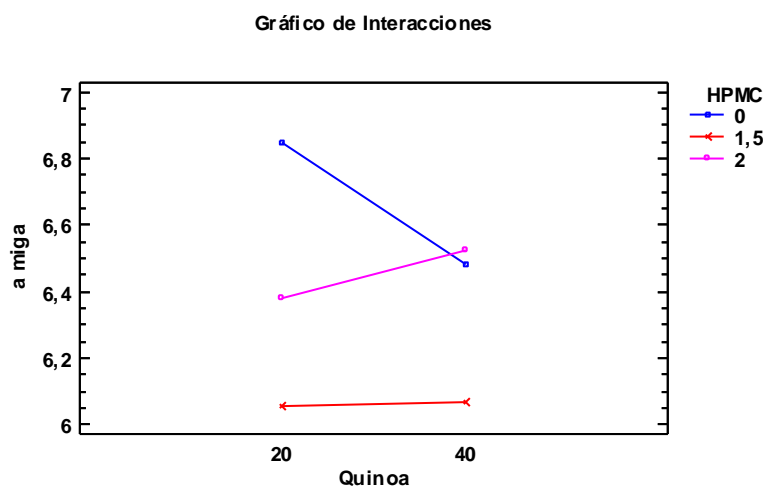


Figura 16. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada a^ en la miga.*

Por último, el color correspondiente a la coordenada b^* mostraba diferencias significativas para los distintos niveles de goma xantana y de cantidad de harina de quinoa, aunque la interacción entre ambas no mostraba diferencias significativas. Las fórmulas con xantana y con harina de quinoa presentaron menor valor de b^* . En cualquier caso, las diferencias entre unas fórmulas y otras son pequeñas, siempre menores a 2 puntos.

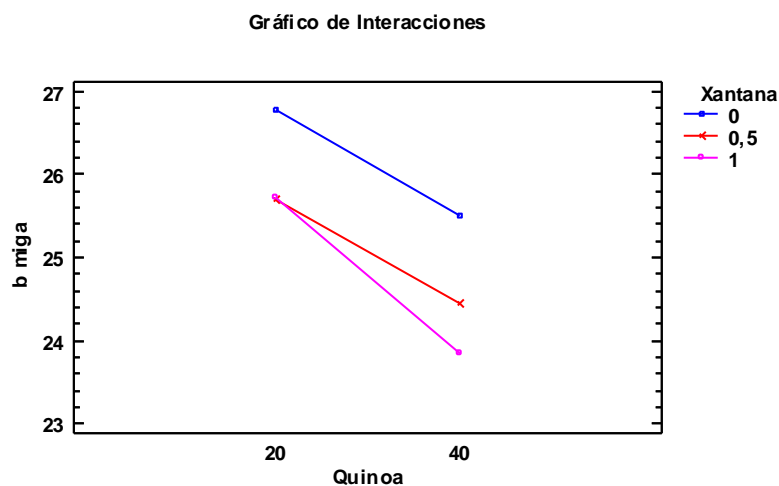


Figura 17. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de Xantana empleada y su efecto en la coordenada b^ en la miga.*

En el caso de las formulaciones con HPMC, se observaron de nuevo pequeñas diferencias parecidas a las observadas en los snacks de xantana, salvo en el hecho de que de nuevo se observa un comportamiento un tanto extraño cuando la cantidad de HPMC fue de 1,5 %.

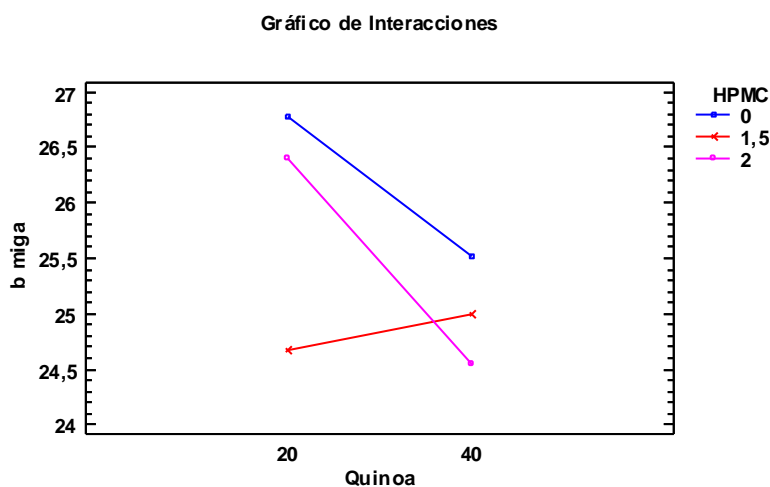


Figura 18. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la coordenada b^* en la miga.

4.2.3 Dimensiones

Realizada la medición de las dimensiones de los distintos snacks, los resultados se recogen en la figura 19 tras realizar un análisis de la varianza según el hidrocoloide utilizado.

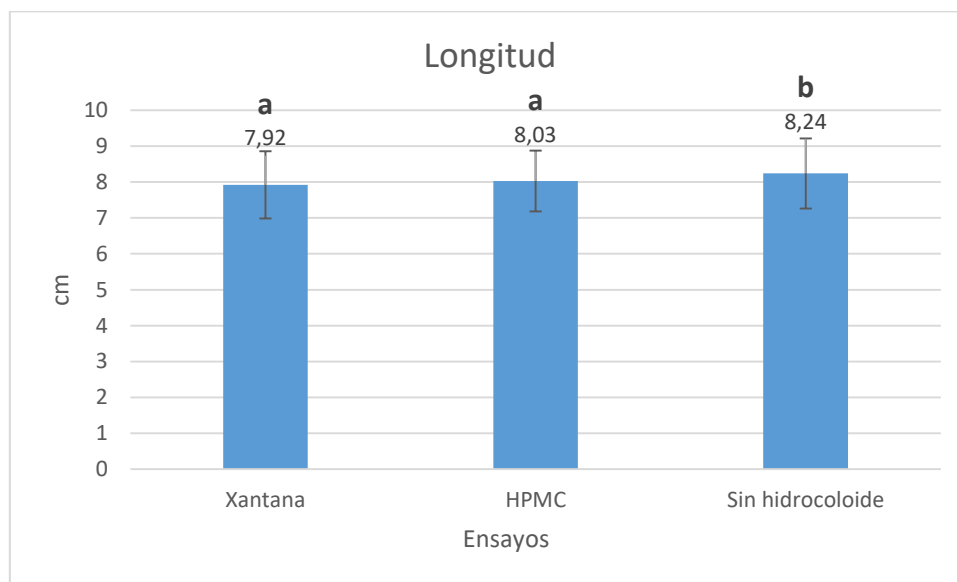


Figura 19. Media y desviaciones de la longitud de los snacks agrupados por hidrocoloide.

Como se puede observar, tanto el HPMC, como la xantana no han tenido diferencias significativas en la longitud de los snacks, manteniéndose en valores próximos a 8, en cambio, con respecto a las pruebas realizadas sin hidrocoloides, los snacks han disminuido ligeramente la longitud y por tanto muestran diferencias significativas.

Para conocer si la variabilidad observada en las dimensiones de los snacks con hidrocoloides se debe a la cantidad de harina utilizada tanto de arroz como de quinoa o se debe a la cantidad del hidrocoloide utilizado, se realizan análisis de varianza multifactoriales.

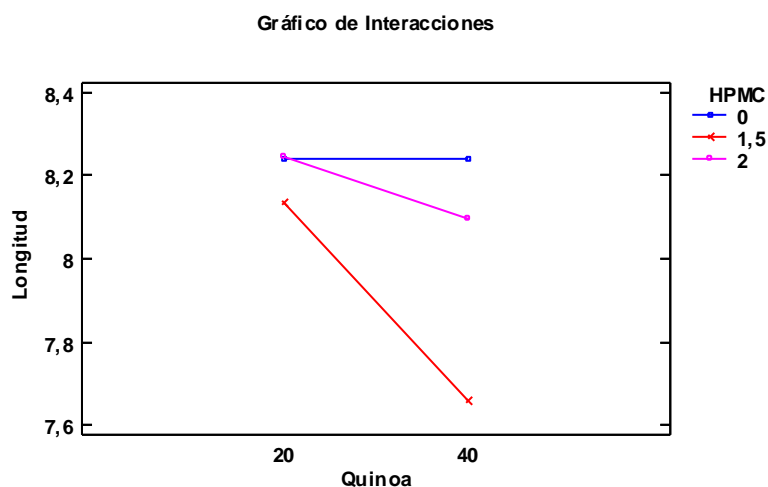


Figura 20. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la longitud de los snacks.

Tras realizar el análisis de los snacks con HPMC, se observó que tanto la cantidad de harina de quinoa, como la cantidad de HPMC utilizadas introducían variabilidad generando diferencias significativas en la longitud. Además la introducción de una mayor cantidad de harina de quinoa también afectaba al efecto del hidrocoloide. Como se puede observar en la figura 20, cuanto mayor es el contenido en quinoa en combinación con hidrocoloide, menor es la longitud de los snacks, además la reducción de la longitud es más acentuada en las formulaciones con un 1,5 % de HPMC.

El análisis de la varianza multifactorial de la xantana reflejó que esta era el único factor que tenía influencia en la longitud. Ni el contenido en quinoa, ni la interacción de esta con la xantana producían cambios significativos en la longitud de los snacks.

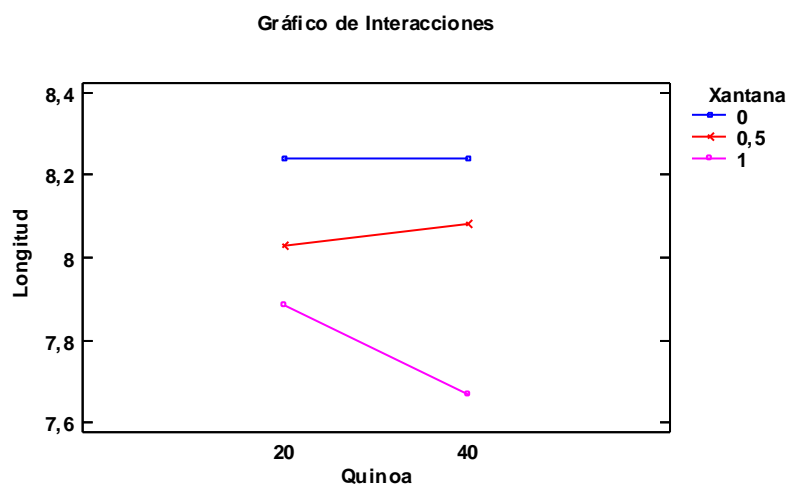


Figura 21. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la longitud de los snacks.

Los snacks experimentaron un aumento de la anchura con la utilización de los hidrocoloídes, aunque fue más acentuado en los snacks con goma xantana que los que contenían HPMC. Los resultados se muestran a continuación en la figura 22:

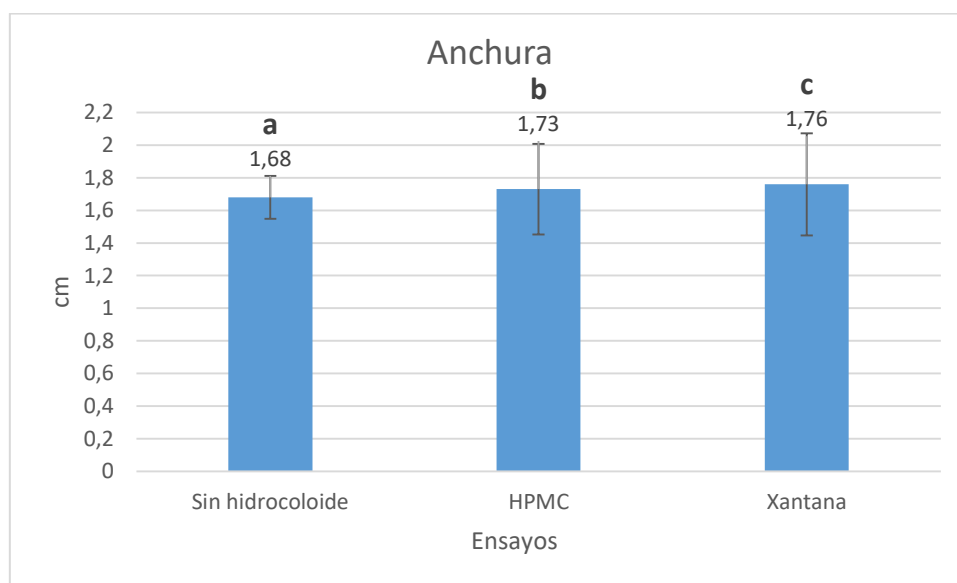


Figura 22. Media y desviaciones de la anchura de los snacks agrupados por hidrocoloide.

Para observar qué porcentaje de hidrocoloide y de harina de quinoa tuvo un mayor aumento en la anchura, se realizaron análisis de varianza multifactoriales. Los resultados mostraron que, tanto el contenido de HPMC, como el contenido de quinoa tenían influencia en la anchura de los snacks y mostraban diferencias significativas. Las pruebas con un 40 % de harina de quinoa y un 20 % de harina de arroz mostraron una mayor anchura en los snacks y la prueba con un 1,5 % de HPMC tuvo un mayor aumento en la anchura que la que tenía un 2 %.

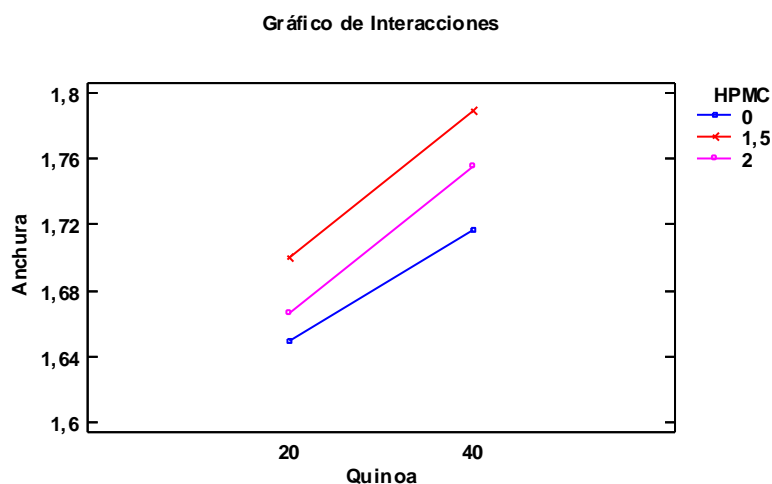


Figura 23. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la anchura de los snacks.

Al igual que con el HPMC, en las pruebas con goma xantana, la cantidad de harina utilizada generaban diferencias significativas en la anchura de los snacks. El aumento de la concentración de goma xantana generaba un aumento en la anchura, así como el aumento del porcentaje de harina de quinoa y la disminución del porcentaje de arroz.



Figura 24. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la anchura de los snacks.

Como se ha podido comprobar anteriormente, la xantana ha tenido un mayor impacto en la anchura que el HPMC. Concretamente la formulación que contiene un 1% de goma xantana y un 40 % de harina de quinoa y un 20 % de harina de arroz es la que mayor anchura ofrece.

En cuanto a la altura, se observan mayores diferencias que en la anchura a la hora de utilizar hidrocoloides. Se produce un aumento de 0,15 cm de media con HPMC y un 0,19 cm de media con goma xantana.

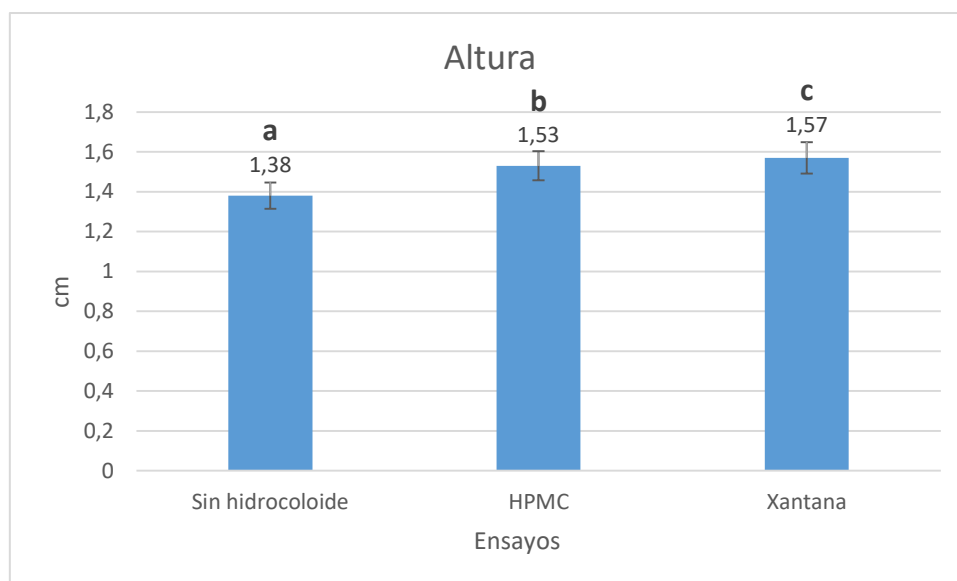


Figura 25. Media y desviaciones de la altura de los snacks agrupados por hidrocólido.

Tras la realización de los análisis de la varianza multifactoriales, los resultados muestran que el aumento del porcentaje de harina de quinoa y la interacción con el HPMC genera diferencias significativas en la altura. La altura ha aumentado con el aumento de la cantidad de harina de quinoa, además al utilizar HPMC (tanto 1,5 como 2 %) la altura de los snacks aumenta.

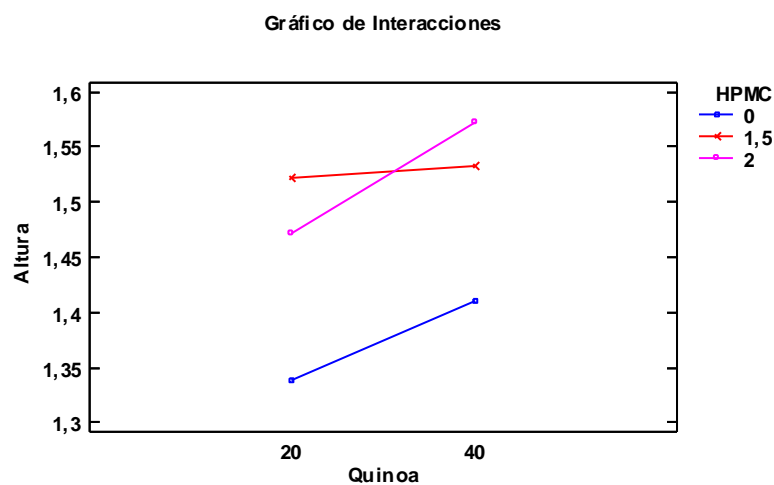


Figura 26. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la altura de los snacks.

Con respecto a la goma xantana, también ha aumentado la altura de los snacks mostrando diferencias significativas. El aumento es más pronunciado que con el HPMC. Además el aumento de la cantidad de harina de quinoa también aumenta la altura en estas pruebas.

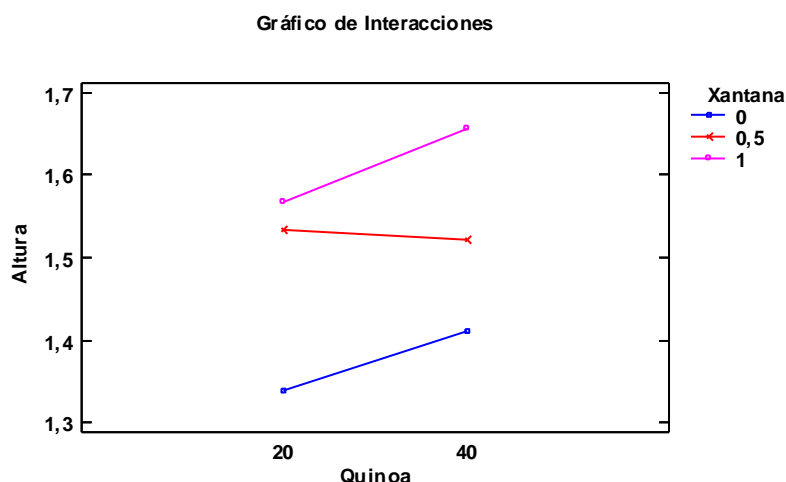


Figura 27. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la altura de los snacks.

Nuevamente de entre todas las formulaciones, la que contiene un 40 % de harina de quinoa y un 20 % de arroz, junto con un 1 % de goma xantana alcanza el valor más alto en la altura. Y por ende al haber sido el snack que también ha experimentado un mayor incremento en la anchura, se puede decir que la goma xantana a concentración de un 1 %, con respecto al contenido de harina, es la que mejores resultados ha ofrecido en cuanto a las dimensiones y por tanto ha ofrecido los snacks con mayor volumen.

Existen una gran cantidad de artículos que hacen referencia a la cantidad de hidrocoloide que hay que añadir para incrementar el volumen de productos horneados de manera óptima. Con respecto a la goma xantana, varios estudios indican que a niveles bajos (0.5 % con respecto a la cantidad de harina), la xantana es capaz de aumentar el volumen específico. Como, por ejemplo, el estudio de Sciarini et al. (2010), en el que la xantana obtenía los resultados más altos de volumen específico de entre 5 hidrocoloides (entre los que no se encontraba el HPMC) con la utilización de 0,5 % de xantana, en un pan con harina de maíz, harina de arroz y harina de soja.

Por el contrario a los resultados obtenidos en este estudio, Lazaridou et al. (2007) no obtuvo cambios significativos en el volumen de un pan sin gluten con harina de arroz y almidón de maíz tras añadir un 1 % de xantana, obteniendo el pan con menor volumen de entre todos los panes con los distintos hidrocoloides utilizados. Al igual que ocurre con un estudio realizado por Sabanis and Tzia (2011), en el que la adición de 1 % de xantana no aumentaba el volumen de un pan de similares características.

En ese mismo estudio (Sabanis and Tzia 2011), la utilización de un 1,5 % de HPMC generó un aumento del volumen específico del pan, al igual que en los ensayos realizados con los colines. Y además el aumento de la dosificación a un 2% disminuía el volumen de manera similar a lo ocurrido con los snacks.

Los variados resultados obtenidos en el volumen específico de los productos tras la utilización de hidrocoloides se debe a que el efecto de los mismos y la influencia que ejercen en el volumen son dependientes de varios factores: el tipo de producto, la formulación utilizada, el origen del hidrocoloide y la cantidad añadida del mismo.

4.2.4 Firmeza

Tras analizar los resultados obtenidos en el texturómetro, se agrupan por hidrocoloide empleado, para comprobar qué hidrocoloide ha tenido mayor o menor incidencia en la firmeza de los snacks.

Como se puede comprobar en la figura 28, la xantana ha aumentado la firmeza de los colines en mayor medida que el HPMC. Aunque, con respecto a los snacks sin hidrocoloides ambos han aumentado la firmeza de los colines.

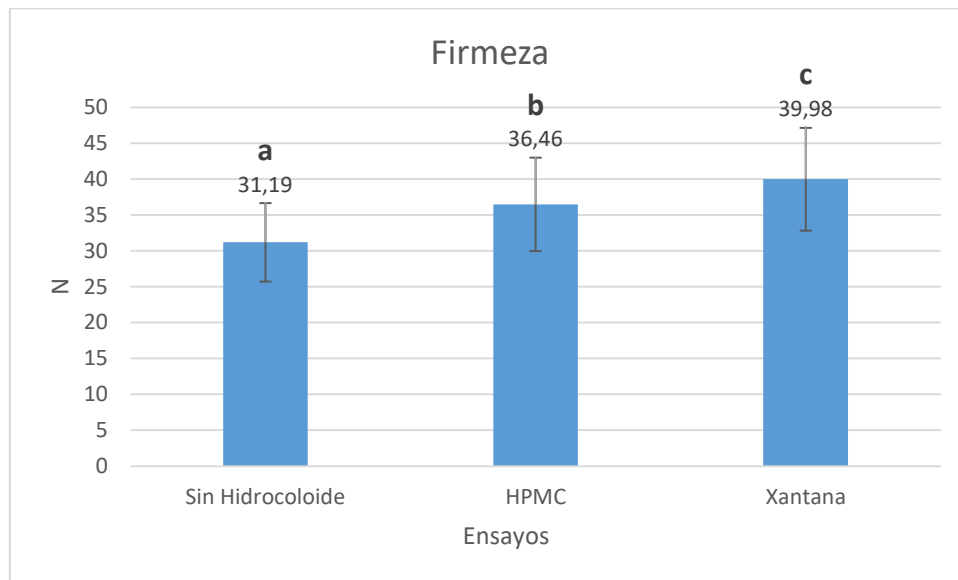


Figura 28. Media y desviaciones de la firmeza de los snacks agrupados por hidrocoloide.

Entre las pruebas con HPMC, se ha observado un comportamiento anómalo en la firmeza de los snacks a los que se añadió un 1,5 %, ya que entre las dos pruebas realizadas con esa cantidad de hidrocoloide existe una gran diferencia de firmeza, pasando del snack que menos firmeza ha obtenido (40 % arroz – 20 % quinoa) al que más firmeza ha experimentado (20 % arroz - 40 % quinoa). La adición de un 2 % de HPMC ha aumentado la firmeza de los snacks con respecto a los snacks sin hidrocoloide.

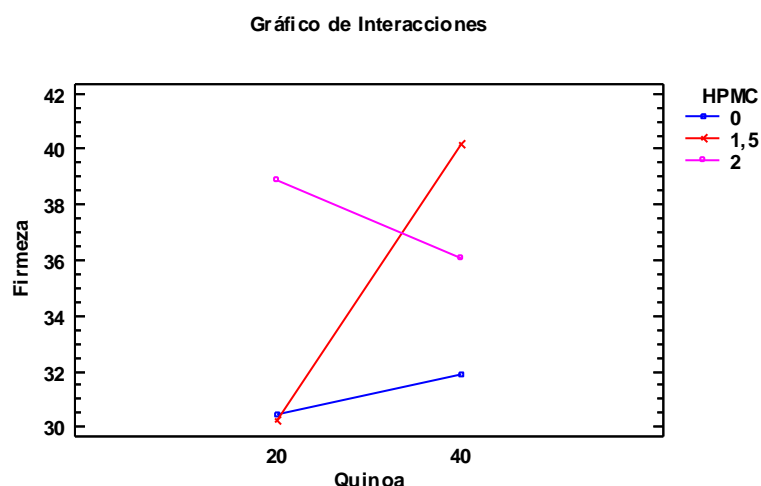


Figura 29. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de HPMC empleada y su efecto en la firmeza de los snacks.

Analizando los datos de los colines que tienen goma xantana se puede observar que el hidrocoloide es el único factor que genera diferencias significativas en la firmeza, aumentándola cuanto mayor sea la cantidad de xantana empleada.

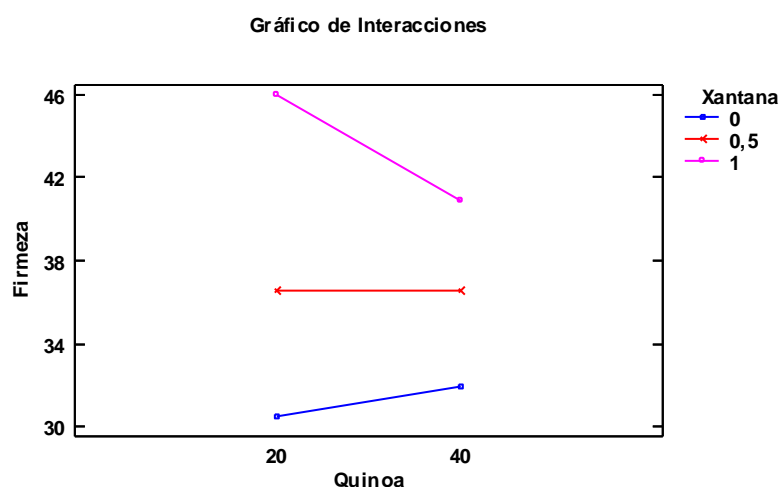


Figura 30. Interacción entre la cantidad de harina de quinoa y la cantidad de goma xantana empleada y su efecto en la firmeza de los snacks.

Al igual que en este estudio, Lazaridou et al. (2007) obtuvo un aumento de la firmeza de la miga tras la adición de goma xantana en un pan de molde sin gluten. De la misma manera que Schober et al. (2005) en un pan sin gluten realizado con harina de sorgo. Esto puede ser debido a la disminución de la hinchazón de los granos de almidón y a la reducción de la lixiviación de la amilosa en los gránulos, así como a la debilitación de la estructura de almidón, debido a la inhibición de los contactos entre partículas entre los gránulos hinchados (Biliaderis, Izydorczyk, and Rattan 1960).

Debido a que los resultados obtenidos de los ensayos de textura de las pruebas con HPMC son algo confusos, no se puede concluir algo de manera categórica y contrastarlo con bibliografía, aunque existe una gran cantidad de artículos realizados sobre este hidrocoloide hay resultados en la textura de todo tipo, tanto de aumento de firmeza como de disminución de la misma.

4.3 Diseño experimental 3

El objetivo de este diseño experimental fue disminuir el contenido de humedad de los colines sin gluten a valores inferiores al 15 %, tratando de modificar lo menos posible otras propiedades de los snacks, en particular el color de la corteza y la firmeza.

Por los resultados obtenidos anteriormente para este diseño experimental se utiliza siempre la misma formulación para todas las pruebas. La formulación elegida es la que mejores resultados obtuvo en el anterior diseño y está expuesta en la tabla 18.

Tabla 18. Formulación a utilizar para optimizar las condiciones del proceso de cocción.

Harina de maíz	Harina de arroz	Harina de quinoa	Xantana	Agua	Sal	Aceite de girasol	Levadura
60	30	60	1.5	80	3	30	4.5

4.3.1 Humedad

Los datos recogidos de la humedad están contemplados en la siguiente figura.

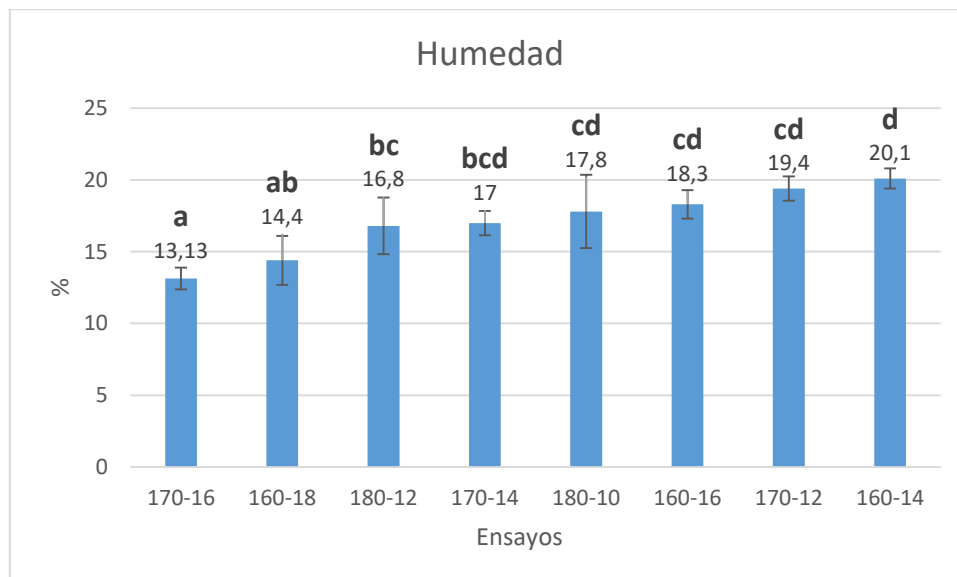


Figura 31. Medias y desviaciones de los datos de humedad de los snacks.

Como se puede observar, tras aumentar los tiempos de cocción y la temperatura de horneado los snacks pierden humedad. De esta manera la cuestión residía en controlar el color y la firmeza, con el objetivo de obtener un snack no demasiado tostado (la luminosidad no debía ser muy baja), ni demasiado duro (firmeza muy alta) y una humedad lo más baja posible. Así se prevé que el snack tenga una mayor aceptación en el análisis hedónico.

Los snacks con el contenido de humedad más bajo se han obtenido con unas condiciones de tratamiento térmico de 170 °C durante 16 min y 160 °C durante 18 min, con un 13,13 % y un 14,4 % de humedad, respectivamente.

4.3.2 Color

A continuación se ofrece en la tabla 19 los resultados de color obtenidos en la caracterización:

Tabla 19. Coordenadas CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 3.

Ensayos	L* corteza	a* corteza	b* corteza
180 °C-10 min	61,55 ± 3,34 ^{de}	18,13 ± 1,84 ^{ab}	35,74 ± 0,72 ^c
180 °C-12 min	59,00 ± 3,47 ^{bc}	18,99 ± 0,92 ^{bc}	34,48 ± 1,43 ^b
170 °C-12 min	62,29 ± 3,69 ^{de}	18,15 ± 2,22 ^{ab}	35,96 ± 0,8 ^c
170 °C-14 min	61,08 ± 3,85 ^{cd}	17,98 ± 1,4 ^{ab}	35,54 ± 1,01 ^c
170 °C-16 min	54,40 ± 2,99 ^a	19,25 ± 0,37 ^c	32,95 ± 1,58 ^a
160 °C-14min	63,74 ± 2,77 ^e	17,52 ± 1,48 ^a	36,04 ± 0,65 ^c
160 °C-16 min	62,90 ± 274 ^{de}	18,10 ± 1,59 ^{ab}	35,48 ± 0,62 ^c
160 °C-18 min	57,27 ± 2,17 ^b	18,79 ± 0,3 ^{bc}	34,15 ± 1,09 ^b

Para poder comparar y esclarecer los resultados de luminosidad se realiza una figura de la luminosidad, ya que es un aspecto de especial interés en este diseño.

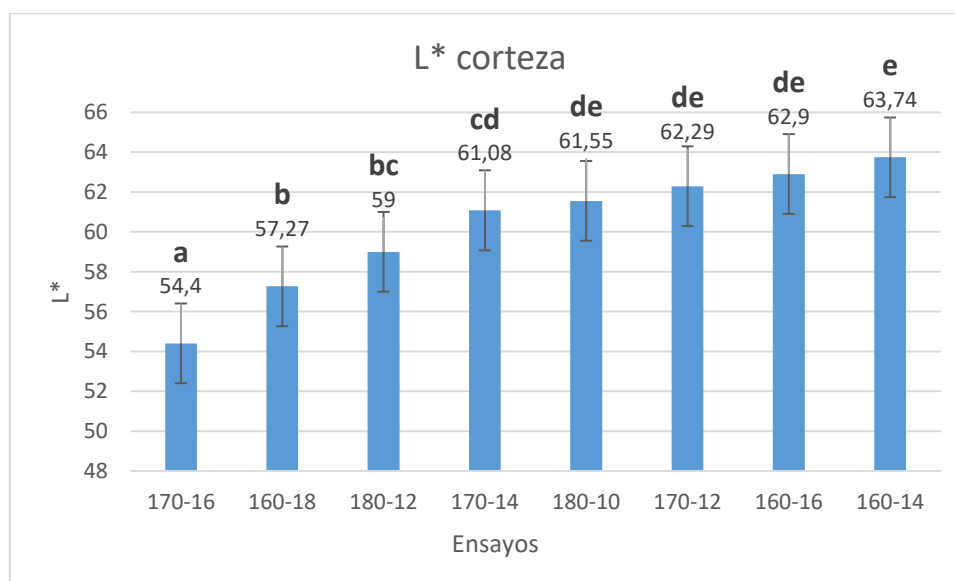


Figura 32. Medias y desviaciones de la luminosidad en los snacks.

Coherentemente con los resultados obtenidos en la humedad, cuanto menor es la humedad de los colines, menor es la luminosidad en su corteza. Esto es debido a que la cocción ha sido más intensa y por tanto el agua se ha ido evaporando y la corteza ha ido adquiriendo colores más tostados y oscuros. Las formulaciones con las condiciones de cocción de 170 °C durante 16 min y 160 °C durante 18 min son las que menos luminosidad ofrecieron.

En cuanto a la coordenada a*, los valores más altos y por tanto con tonalidades más rojizas se han obtenido en los snacks con cocción más severa. Aunque no existen grandes diferencias en

esta coordenada. En la coordenada b* sucede exactamente lo mismo que en la a*, pero de forma invertida, los colines que sufrieron un tratamiento térmico más intenso obtuvieron valores menores y por tanto tonalidades menos amarillas.

Otro aspecto que puede dar pistas de la intensidad del tratamiento térmico es el color de la miga, ya que valores más oscuros en la luminosidad suelen ser síntoma de miga menos cocida y por tanto más húmeda, y por el contrario tonalidades más claras demuestran una menor humedad y un tratamiento térmico más agresivo. En la tabla 20 se muestran los resultados del color de la miga:

Tabla 20. Coordenadas CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 3.

Ensayos	L* miga	a* miga	b* miga
180 °C-10 min	58,85 ± 2,36 ^a	6,40 ± 0,57 ^c	23,86 ± 0,54 ^b
180 °C-12 min	58,97 ± 1,53 ^a	5,76 ± 0,79 ^{abc}	23,38 ± 0,53 ^{ab}
170 °C-12 min	60,17 ± 1,36 ^{ab}	6,38 ± 0,60 ^c	25,05 ± 1,28 ^c
170 °C-14 min	60,81 ± 0,71 ^{ab}	5,41 ± 0,40 ^{ab}	22,84 ± 0,81 ^{ab}
170 °C-16 min	61,25 ± 1,11 ^b	4,93 ± 0,62 ^a	23,16 ± 0,66 ^{ab}
160 °C-14min	59,70 ± 1,47 ^{ab}	6,05 ± 0,82 ^{bc}	24,96 ± 0,63 ^c
160 °C-16 min	59,73 ± 0,89 ^{ab}	5,89 ± 0,48 ^{bc}	22,84 ± 0,56 ^{ab}
160 °C-18 min	60,08 ± 0,99 ^{ab}	4,99 ± 0,30 ^a	22,61 ± 0,44 ^a

Finalmente no se aprecian grandes diferencias en la luminosidad de la miga, aunque sí ha obtenido el valor más alto el snack que fue cocido a 170°C durante 16 min, no se aprecian diferencias significativas, excepto con los colines cocidos a 180°C. En el parámetro a* los valores más bajos los registran los panes sometidos a tratamiento térmico más fuerte, aunque sin grandes diferencias. En la coordenada b* sucede exactamente lo mismo.

4.3.3 Dimensiones

La longitud en este caso se mantiene constante y sin diferencias significativas, ya que los snacks se forman siempre igual y con una longitud en torno a 8 cm. Queda por comprobar si variar las condiciones del proceso de horneado tiene alguna influencia en la matriz alimentaria y afecta a la función del hidrocoloide, variando las dimensiones y por ende el volumen. A continuación se muestran los resultados de la anchura y la altura de los colines.

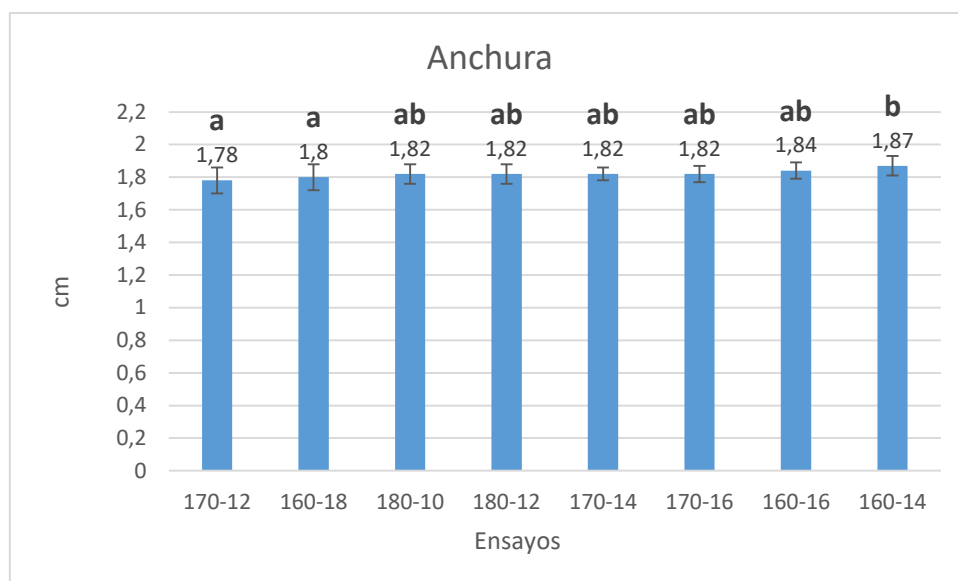


Figura 33. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks agrupados por condiciones de horneado.

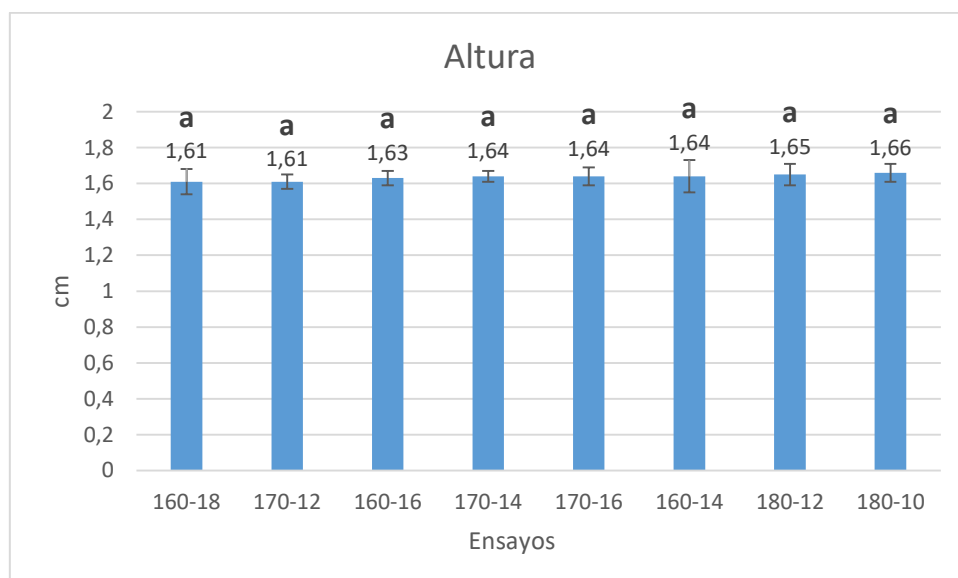


Figura 34. Medias y desviaciones de la altura de los snacks agrupados por condiciones de horneado.

Tras realizar un análisis de la varianza, los resultados muestran que las pequeñas diferencias obtenidas en la altura y en la anchura no son significativas y, por tanto, se puede decir que el tratamiento térmico no ha tenido efecto alguno en las dimensiones y no varía el efecto del hidrocoloide.

4.3.4 Firmeza

Finalmente, para completar la caracterización se procede a realizar el análisis de la textura, con el objeto de comprobar cuánto aumenta la firmeza de los colines al aumentar la intensidad del horneado.

En la figura 35 se muestran los datos obtenidos de firmeza tras realizar el análisis de la varianza.

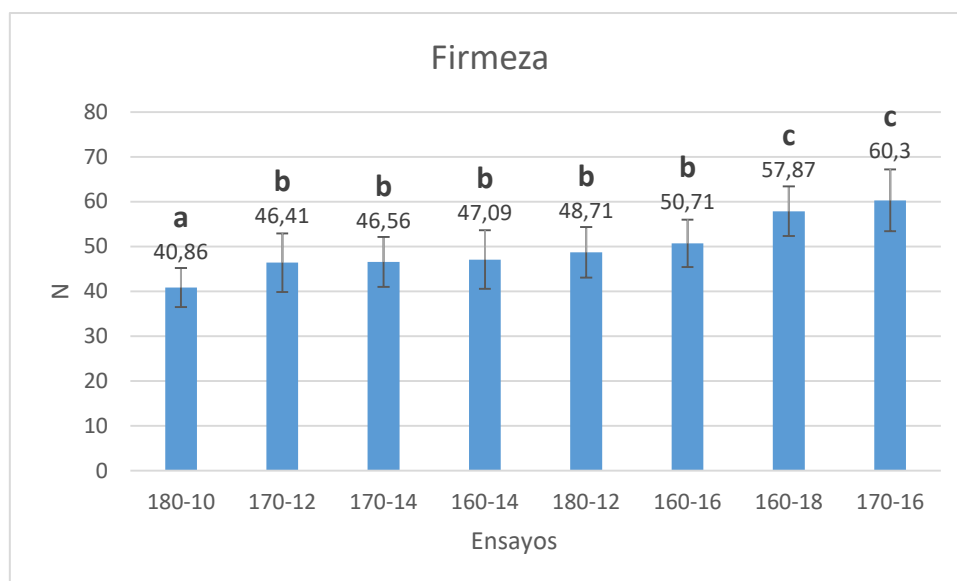


Figura 35. Medias y desviaciones de la firmeza de los snacks agrupados por condiciones de horneado.

Como se puede comprobar, conforme el tratamiento térmico se vuelve más intenso, la firmeza de los colines va aumentando. Las condiciones que más firmeza han dotado a los snacks son los horneados a 160 °C durante 18 min y 170 °C durante 16 min, manifestando diferencias significativas con las demás formulaciones.

Tras analizar todos los datos, se decidió que las mejores condiciones de horneado para este snack eran las de 160 °C y 18 minutos, ya que disminuía la humedad del colín hasta un 14,4 %. Además, su aspecto era aceptable, es decir, el tratamiento térmico no había sido tan severo como para tostar la corteza demasiado (como había ocurrido en los colines horneados a 170 °C durante 16 minutos) y, en cuanto a la textura los snacks no habían aumentado la firmeza en exceso.

4.4 Diseño experimental 4

4.4.1 Humedad

Tras la caracterización de los colines pensados para presentarse en la cata, se observa que a pesar de que el tratamiento elegido en el diseño experimental 3 había conseguido disminuir la humedad de un 19 % hasta un 14,4 %, en este caso la humedad ha disminuido en mayor medida que lo esperado hasta unos valores de 11-12 %, sin diferencias significativas entre las muestras.

4.4.2 Color

En cuanto al color, la luminosidad aumenta conforme aumenta la cantidad de harina de arroz incluida en los colines, generando diferencias significativas entre las muestras. Así como la coordenada a^* aumenta conforme disminuye la harina de arroz, aunque las diferencias son menores que en la luminosidad, la coordenada b^* no sigue un patrón en relación con la cantidad de harina de arroz o quinoa y las diferencias son pequeñas.

Tabla 21. Coordenadas CIELAB de la corteza de los snacks del diseño experimental 4.

Ensayos	L* corteza	a* corteza	b* corteza
A10Q50	57,07 ± 3,68 ^a	19,64 ± 1,18 ^b	34,56 ± 1,45 ^{ab}
A20Q40	57,27 ± 2,17 ^a	18,79 ± 0,3 ^{ab}	34,15 ± 1,09 ^a
A30Q30	60,47 ± 3,94 ^b	18,69 ± 1,22 ^{ab}	35,40 ± 1,34 ^b
A40Q20	60,80 ± 4,01 ^b	18,40 ± 1,25 ^a	34,88 ± 1,09 ^{ab}
A50Q10	67,10 ± 5,03 ^c	16,08 ± 2,33 ^a	35,24 ± 0,67 ^b

Al igual que en la corteza, la miga pierde luminosidad conforme aumenta la harina de quinoa, aunque las diferencias son menores entre las pruebas que en la corteza. Y también se observa un patrón en la coordenada a*: a mayor cantidad de harina de arroz, mayor valor de a*. En la coordenada b* no se han observado diferencias significativas.

Tabla 22. Coordenadas CIELAB de la miga de los snacks del diseño experimental 4.

Ensayos	L* miga	a* miga	b* miga
A10Q50	60,30 ± 1,84 ^{ab}	5,51 ± 0,45 ^a	23,24 ± 0,83 ^a
A20Q40	60,08 ± 0,99 ^a	4,99 ± 0,30 ^a	22,61 ± 0,44 ^a
A30Q30	61,79 ± 1,64 ^{abc}	5,31 ± 0,65 ^a	23,31 ± 0,12 ^a
A40Q20	62,81 ± 1,93 ^{bc}	6,34 ± 0,50 ^b	23,06 ± 0,77 ^a
A50Q10	63,70 ± 2,06 ^c	6,53 ± 0,56 ^b	22,39 ± 0,71 ^a

4.4.3 Dimensiones

En la longitud no se han observado diferencias significativas entre las distintas formulaciones de los colines, todas rondan los 7,8 cm.

En relación con la anchura todas las formulaciones tienen valores próximos entre sí (en torno a 1,7 cm), exceptuando la formulación con 20 % de arroz y 40 % de quinoa en la que se ha obtenido una anchura mayor con poca coherencia. Esta última formulación es la única que muestra diferencias significativas con respecto a las demás.

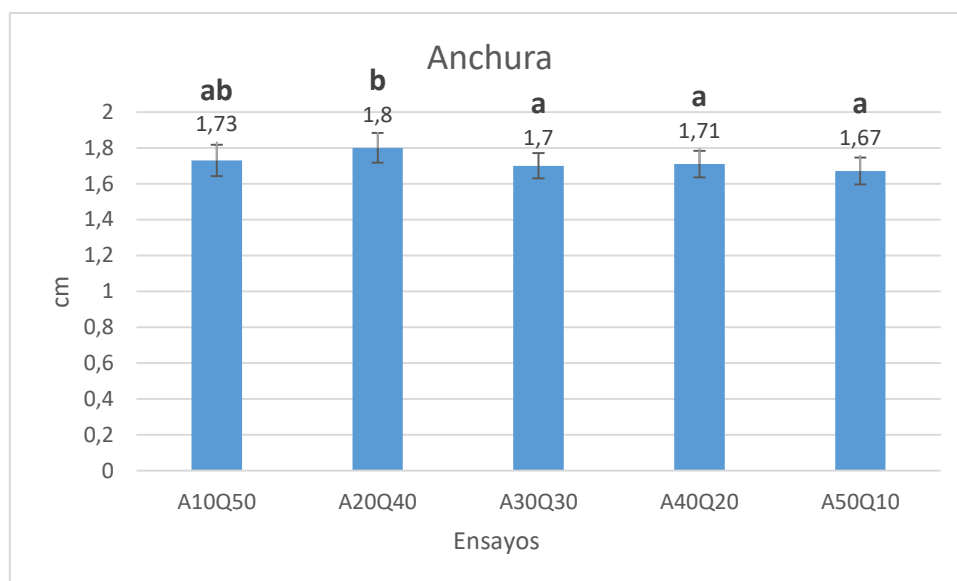


Figura 36. Medias y desviaciones de la anchura de los snacks del diseño experimental 4.

Para la altura no existen diferencias significativas entre los colines de este diseño experimental, la altura de todas las formulaciones ronda los 1,62 cm. Estos resultados no corroboran, por tanto, los observados en el diseño experimental 2, en los que se observa que los colines con mayor proporción de quinoa poseían una altura superior a los más ricos en arroz.

4.4.4 Firmeza

Los resultados recogidos de la textura no arrojan conclusiones coherentes. Muestran diferencias significativas entre la mayor parte de las muestras con unos valores muy distintos entre unas y otras, lo que no tiene mucho sentido al haberse utilizado las mismas condiciones de horneado y la misma cantidad de goma xantana en cada muestra.

4.5 Análisis sensorial

Las preguntas de frecuencia reflejaron que un 15,22 % de los catadores consumía varias veces a la semana snacks de pan, un 17,39 % varias veces al mes, un 60,87 % muy de vez en cuando y un 6,52 % nunca. De todos los catadores solo un 26,09 % solían consumir productos panificados sin gluten.

Tras la realización de la cata se les preguntó si comprarían alguno de los productos, un 69,57 % contestó afirmativamente. De las 12 personas que indicaron que consumen productos panificados sin gluten 10 comprarían alguno de los productos mostrados.

Para el análisis de la valoración de los atributos propios del producto se realiza un ANOVA simple de cada atributo.

La apariencia mostró diferencias significativas entre las muestras. Con un claro aumento en la puntuación de la misma cuanto más cantidad de harina de arroz tenían las muestras. Aunque las muestras con un mayor contenido en quinoa han obtenido peores puntuaciones en apariencia, ha sido uno de los atributos mejor valorados, ya que las medias rondan del 5 al 6 (en una escala del 1 al 7). Los resultados se muestran en la figura 37.

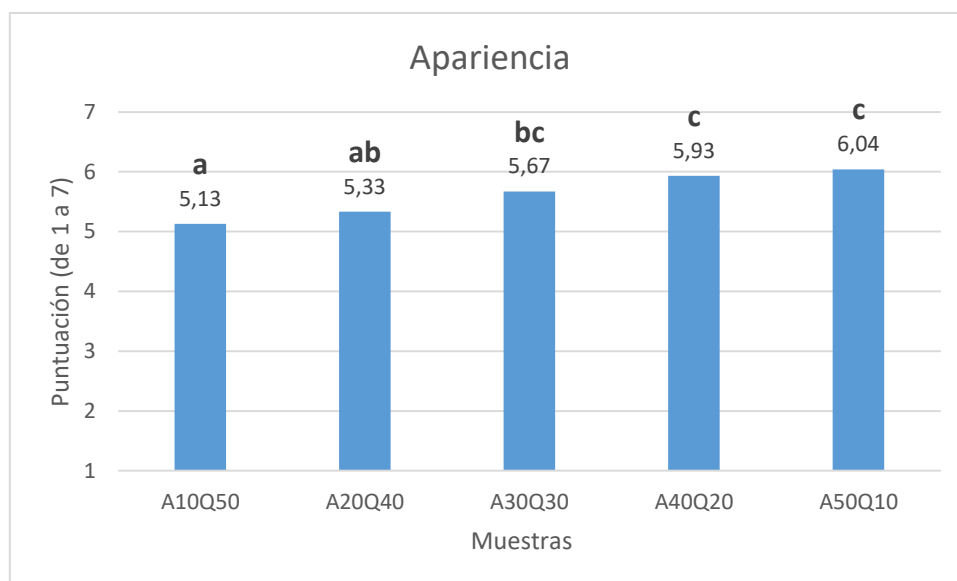


Figura 37. Medias de la valoración de la apariencia de cada muestra presentada.

En cuanto al color, al igual que la apariencia, fue otro de los atributos bien valorados que agradó a los catadores mostrando diferencias significativas entre las muestras. Se puede obtener la misma conclusión: a mayor porcentaje de harina de arroz incluida en los colines, mejor valoración en el color. Por tanto, se prefirió un color no tan oscuro como el que confiere la quinoa.

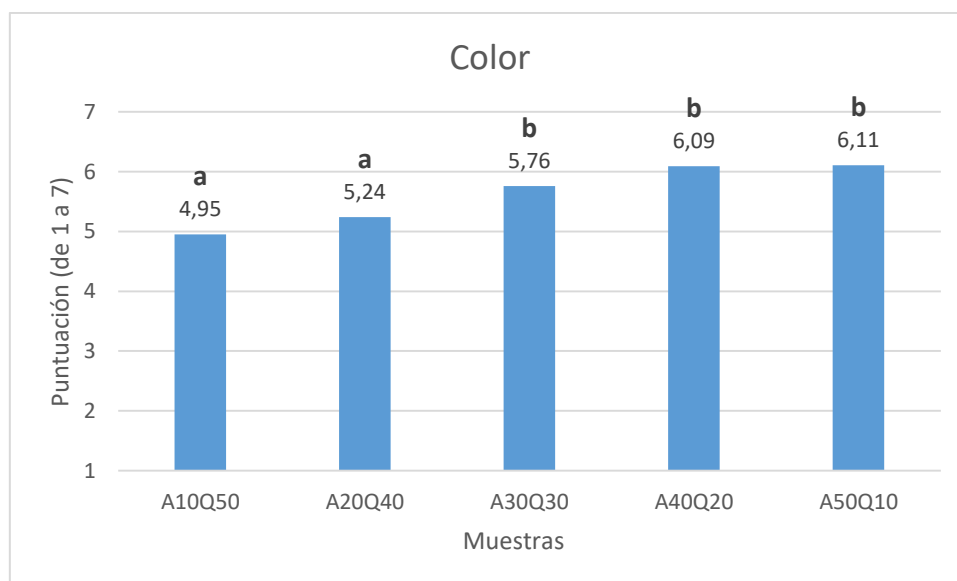


Figura 38. Medias de la valoración del color de cada muestra presentada.

Por lo que se refiere al olor, no se encontraron diferencias significativas entre las muestras. Aunque hay un pequeño aumento en la puntuación conforme más arroz tienen los colines. Los valores de las medias están comprendidos entre 4,75 y 5,25.

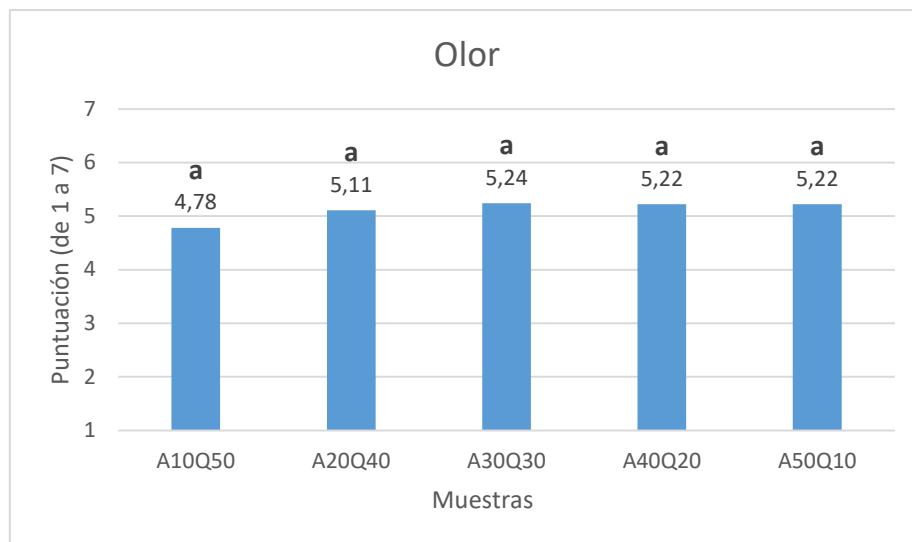


Figura 39. Medias de la valoración del olor de cada muestra presentada.

Llegado el turno de la textura fue el atributo peor valorado con una media de 4,09. No se obtuvieron diferencias significativas entre las muestras, aunque la formulación con un 50 % de harina de arroz obtuvo un 0,5 más de puntuación que las otras muestras. La puntuación de este atributo pudo verse influenciada negativamente por el hecho de que los colines fueron realizados el día anterior a la cata.

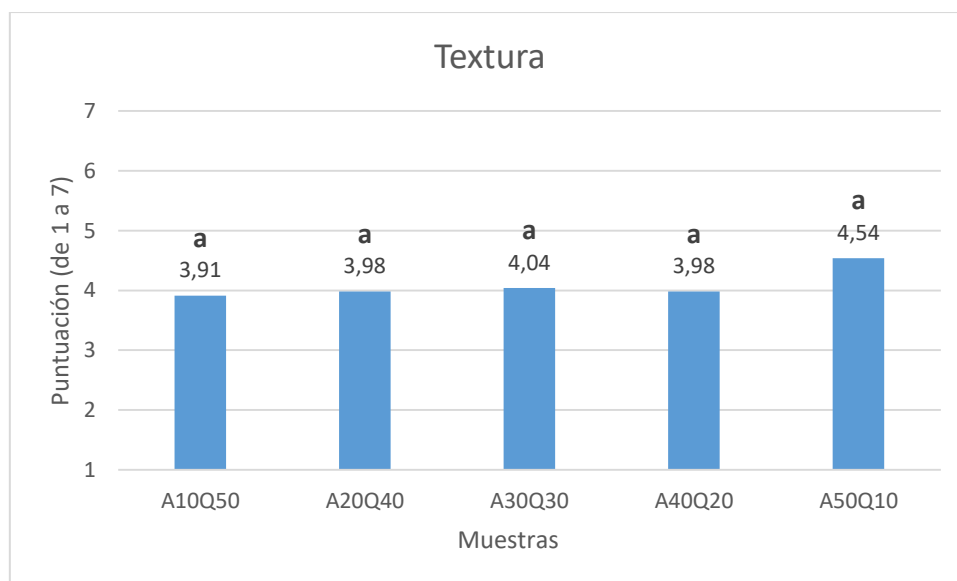


Figura 40. Medias de la valoración de la textura de cada muestra presentada.

Respecto al sabor, tampoco se observan diferencias significativas entre las muestras, aunque fue mejor valorado que la textura con un 4,91 de media. Destaca nuevamente la formulación con un 50 % de harina de arroz que obtuvo la puntuación más alta con 5,13 puntos.

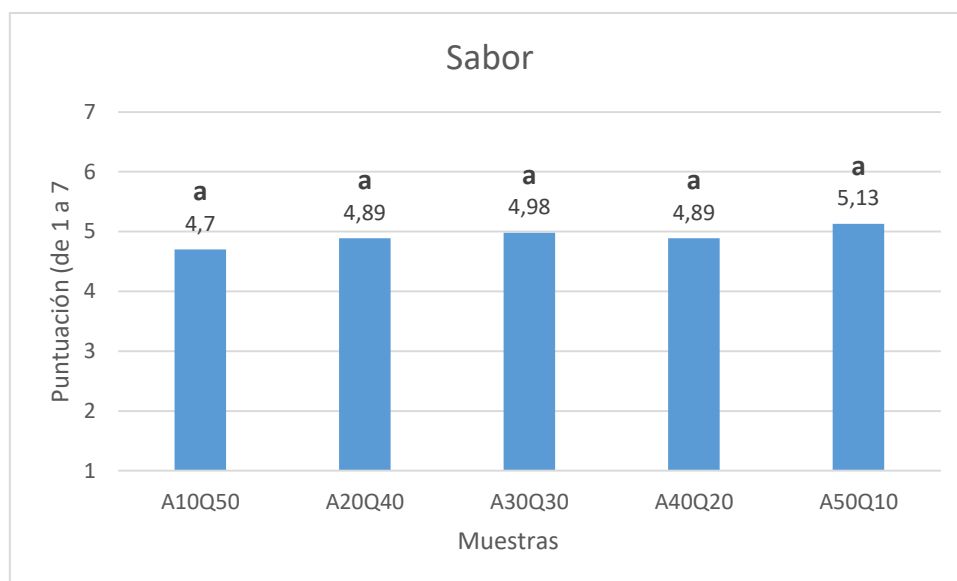


Figura 41. Medias de la valoración del sabor de cada muestra presentada.

Por último, la puntuación de la valoración global del producto sí que generó diferencias significativas entre las muestras. Además, se observa un patrón ascendente al disminuir la cantidad de harina de quinoa y aumentar la de arroz, la puntuación de la valoración global se incrementa. La valoración de este aspecto está claramente influenciada por los atributos de apariencia y color, ya que en los demás atributos evaluados no se encontraron diferencias significativas entre las muestras.

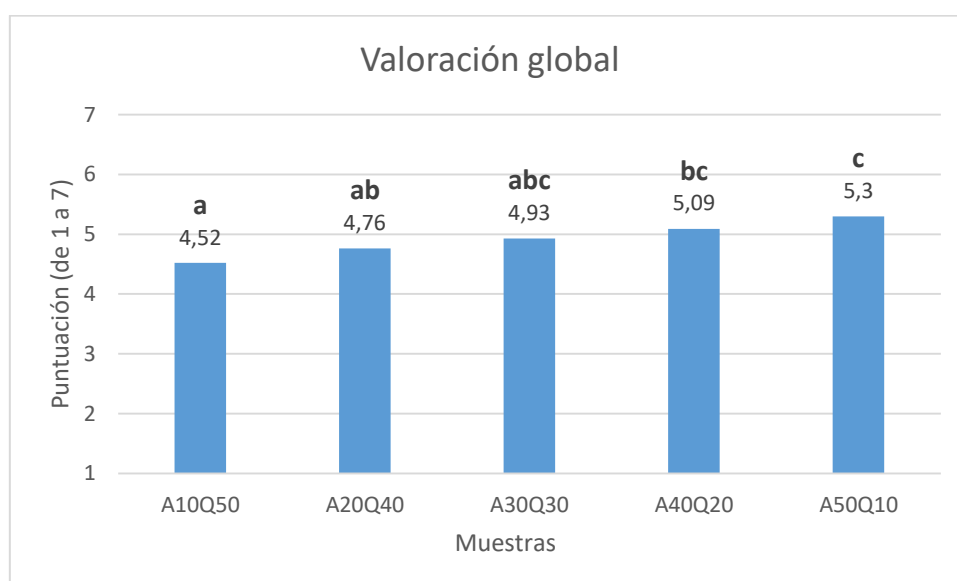


Figura 42. Medias de la puntuación de la valoración global de cada muestra presentada.

Para plasmar todos estos datos de manera más visual se realiza el gráfico de araña presentado en la figura 43.

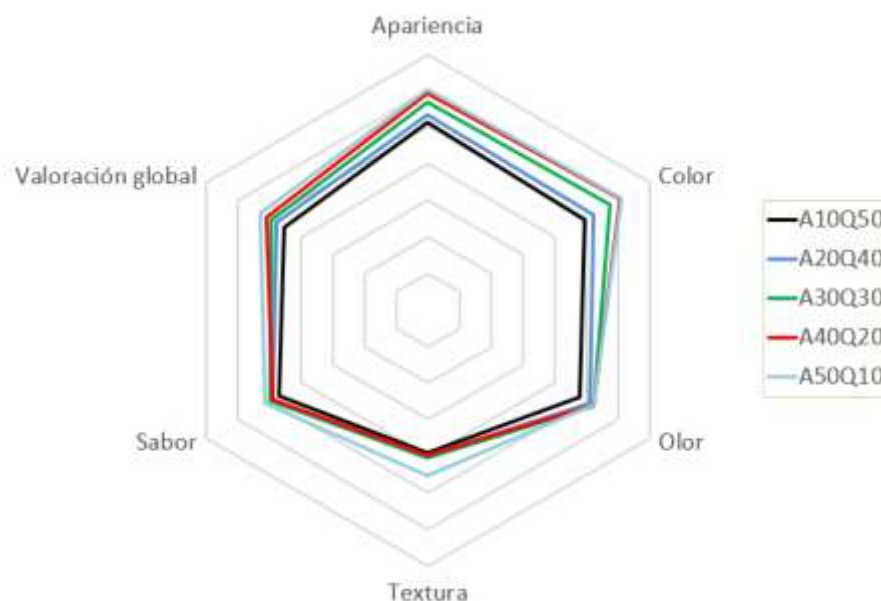


Figura 43. Gráfico de araña realizado con las puntuaciones de los atributos del producto.

Para conocer si los catadores han detectado diferencias entre las muestras de manera significativa, se realiza la prueba de Friedman. En la que conociendo el número de jueces (J), las muestras presentadas (P) y la suma de las ordenaciones de cada muestra (se asigna una puntuación de 1 a la muestra que menos gusta y se suma uno por cada casilla que avanza hacia la derecha (R_1, \dots, R_5)), se calcula el valor de la F de Friedman y se compara con los valores críticos (número que varía con el número de muestras y de jueces y el nivel de significación).

El valor de F será en este caso 10,14. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{12}{J \cdot P \cdot (P+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_p^2) - 3 \cdot J \cdot (P+1)$$

Este valor es mayor que el valor crítico para un nivel de confianza del 95 % para 5 muestras y 46 catadores (el valor crítico en este caso es 9,49), luego hay diferencias significativas entre las muestras.

Para saber qué pares de muestras difieren entre sí, se utiliza un análogo de prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher. La ecuación seguida es la siguiente:

$$|R_i - R_j| \geq 1,960 \sqrt{\frac{J \cdot P \cdot (P+1)}{6}}$$

Tras la realización del cálculo del valor absoluto con todas las muestras, se llega a la conclusión de que solo la muestra que contiene un 50 % de harina de arroz es significativamente diferente de la que contiene un 40 % de harina de quinoa y de la que contiene un 50 % de la misma.

Además, el cálculo de la suma de las ordenaciones arroja unos resultados ya vistos en la puntuación de los atributos del producto, es decir, los colines con un mayor contenido en harina de quinoa y con un menor contenido de harina de arroz fueron ordenados generalmente en la parte izquierda de la ordenación. Por tanto, han obtenido menos puntos que los que han gustado más, en este caso los colines con un mayor contenido en arroz.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas de este trabajo son:

De las materias primas utilizadas para sustituir la harina de trigo en los snacks sin gluten, el almidón de maíz es el que mejores características dota, por tener un menor efecto en la reducción de las dimensiones del snack. En cuanto al color, la harina de quinoa confiere colores más oscuros que la harina de arroz y que el almidón de maíz que confiere los colores más claros a los snacks.

Tras las pruebas con los dos hidrocoloides, la goma xantana dota de una mayor anchura y altura a los snacks, aunque el HPMC también aumenta el volumen con respecto a los snacks sin hidrocoloide. Asimismo, el HPMC aumenta la firmeza de los snacks, pero en menor medida que la goma xantana. Además, aunque los resultados no son del todo concluyentes, parece que el aumento de la cantidad de harina de quinoa en los snacks y, por ende, la disminución de la cantidad de harina de arroz genera snacks con un mayor volumen.

El diseño experimental 3 refleja que las condiciones de horneado de 160 °C y 18 minutos son las óptimas para este snack, ya que consigue disminuir suficientemente la humedad del colín y mantener unos valores de luminosidad y textura correctos. Además, aumentar la intensidad del horneado no tenía influencia en las dimensiones de los colines, manteniéndolas constantes.

Los resultados del análisis sensorial muestran que la inclusión de una mayor cantidad de harina de arroz genera una mayor aceptación en el consumidor. En atributos como la apariencia, el color y la valoración global se encontraron diferencias significativas entre las muestras. En el resto de atributos (olor, textura y sabor) no hay diferencias significativas, aunque se sigue observando el mismo patrón (a mayor cantidad de harina de arroz, mejores puntuaciones en los atributos). La textura fue el atributo peor valorado.

En futuros estudios se podría tratar de mejorar tanto las propiedades físicas como los atributos sensoriales del producto. Cabría la posibilidad de incluir nuevos hidrocoloides o incluso realizar una combinación de varios para mejorar la textura. Además, se podría añadir alguna sustancia aromatizante o saborizante para aumentar la aceptación del consumidor mejorando el olor y el sabor del snack.

6. REFERENCIAS



- Aguilar, Núria, Elena Albanell, Begoña Miñarro, and Marta Capellas. 2015. "Chickpea and Tiger Nut Flours as Alternatives to Emulsifier and Shortening in Gluten-Free Bread." *LWT - Food Science and Technology* 62(1): 225-232.
- Alvarez-Jubete, L., E. K. Arendt, and E. Gallagher. 2009. "Nutritive Value and Chemical Composition of Pseudocereals as Gluten-Free Ingredients." *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60(Suppl. 4): 240-257.
- Anton, Alex A., and Susan D. Artfield. 2008. "Hydrocolloids in Gluten-Free Breads: A Review." *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(1): 11-23.
- Arneja, Intelli, Beenu Tanwar, and Ambika Chauhan. 2015. "Nutritional Composition and Health Benefits of Golden Grain of 21st Century, Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.): A Review." *Pakistan Journal of Nutrition* 14(12): 1034-1040.
- Biliaderis, Costas G, Marta S Izydorczyk, and Onkar Rattan. 1960. "Electron Densities Measured in an Aurora by Rocket." *Polar Record* 10(65): 151-152.
- Capriles, Vanessa D., and José Alfredo G. Arêas. 2014. "Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13(5): 871-890.
- Christianson, D O et al. 1974. "Xanthan Gum in Protein-Fortified Star Bread." 28(6): 23-29.
- "Definición y Otros Aspectos de La Enfermedad Celiaca | NIDDK." 2016. *National Institute of Diabetes and digestive and Kidney Diseases*. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/enfermedad-celiaca/definicion-informacion> (December 30, 2018).
- Diekjürgen, Dorina, and David W. Grainger. 2017. "Polysaccharide Matrices Used in 3D in Vitro Cell Culture Systems." *Biomaterials* 141: 96-115.
- Federación de Asociaciones de Celiacos de España. "Qué Es La Enfermedad Celiaca | FACE." celiacos.org/enfermedad-celiaca/que-es-la-enfermedad-celiaca/ (December 31, 2018).
- Federación de Asociaciones de Celiacos de España. "El Mercado Mundial Sin Gluten Sigue Creciendo | FACE." [https://celiacos.org/mercado-mundial-sin-gluten/](http://celiacos.org/mercado-mundial-sin-gluten/) (December 30, 2018).
- Francisco, T. "Francisco Tejero - Asesoría Técnica En Panificación - Colines y Picos." *Asesoría Técnica en Panificación*. <http://www.franciscotejero.com/recetas/elaboraciones-de-panaderia/colines-y-picos/> (January 16, 2019).
- Gallagher, E., T. R. Gormley, and E. K. Arendt. 2004. "Recent Advances in the Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products." *Trends in Food Science and Technology* 15(3-4): 143-152.
- Gibert, Anna et al. 2008. "Consumption of Gluten Free Products Should the Threshold Value for Trace Amounts of Gluten Be at 20, 100 or 200 p.p.M." *European Journal of Gastroenterology and Hepatology* 18(11):1187-1195.
- Gujral, Hardeep Singh, and Cristina M. Rosell. 2004. "Functionality of Rice Flour Modified with a Microbial Transglutaminase." *Journal of Cereal Science* 39(2): 225-230.



- Hager, Anna Sophie, and Elke K. Arendt. 2013. "Influence of Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), Xanthan Gum and Their Combination on Loaf Specific Volume, Crumb Hardness and Crumb Grain Characteristics of Gluten-Free Breads Based on Rice, Maize, Teff and Buckwheat." *Food Hydrocolloids* 32(1): 195-203.
- Houben, Andreas, Agnes Höchstötter, and Thomas Becker. 2012. "Possibilities to Increase the Quality in Gluten-Free Bread Production: An Overview." *European Food Research and Technology* 235(2): 195-208.
- "International Wheat Gluten Association." 2012. : <http://www.iwga.net/>.
- Kattelman, Kendra. 2017. "Gluten Exposed: The Science Behind the Hype and How to Navigate to a Healthy, Symptom-Free Life Green P, Jones R. 2016. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 49(4): 363.
- Khan, K. & Nygard, G. (2006). 2006. "Gluten, In: Bakery Products Science and Technology." In *Bakery Products: Science and Technology*, 97–108.
- Lazaridou, A. et al. 2007. "Effects of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality Parameters in Gluten-Free Formulations." *Journal of Food Engineering* 79(3): 1033–47.
- Li, Juan Mei, and Shao Ping Nie. 2016. "The Functional and Nutritional Aspects of Hydrocolloids in Foods." *Food Hydrocolloids* 53: 46-61.
- Mahmoud, R. M., E. I. Yousif, M. G.E. Gadallah, and A. R. Alawneh. 2013. "Formulations and Quality Characterization of Gluten-Free Egyptian Balady Flat Bread." *Annals of Agricultural Sciences* 58(1): 19-25.
- Mancebo, Camino M., Miguel Ángel San Miguel, Mario M. Martínez, and Manuel Gómez. 2015. "Optimisation of Rheological Properties of Gluten-Free Doughs with HPMC, Psyllium and Different Levels of Water." *Journal of Cereal Science* 61: 8-15.
- Marcoa, Cristina, and Cristina M. Rosell. 2008. "Effect of Different Protein Isolates and Transglutaminase on Rice Flour Properties." *Journal of Food Engineering* 84(1): 132-139.
- Marcotte, Michèle, Ali R.Taherian Hoshahili, and H. S. Ramaswamy. 2001. "Rheological Properties of Selected Hydrocolloids as a Function of Concentration and Temperature." *Food Research International* 34(8): 695-703.
- Mariotti, Manuela, M. Ambrogina Pagani, and Mara Lucisano. 2013. "The Role of Buckwheat and HPMC on the Breadmaking Properties of Some Commercial Gluten-Free Bread Mixtures." *Food Hydrocolloids* 30(1): 393-400.
- Matos Segura, María Estela. 2013. "Formulación y desarrollo de productos horneados libres de gluten a base de harina de arroz enriquecidos con proteínas. Tesis doctoral"
- Mir, Shabir Ahmad, Manzoor Ahmad Shah, Haroon Rashid Naik, and Imtiyaz Ahmad Zargar. 2016. "Influence of Hydrocolloids on Dough Handling and Technological Properties of Gluten-Free Breads." *Trends in Food Science and Technology* 51: 49-57.
- Miyazaki, Megumi, Pham Van Hung, Tomoko Maeda, and Naofumi Morita. 2006. "Recent Advances in Application of Modified Starches for Breadmaking." *Trends in Food Science and Technology* 17(11): 591-599.
- Moreira, R., F. Chenlo, and M. D. Torres. 2013. "Effect of Chia (*Sativa Hispanica* L.) and Hydrocolloids on the Rheology of Gluten-Free Doughs Based on Chestnut Flour." *LWT - Food Science and Technology* 50(1): 160-166.



- “Norma del Codex relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten.” 1979. *Codex Alimentarius* Codex Stan 118-1979.
- Peressini, Donatella, Monica Pin, and Alessandro Sensidoni. 2011. “Rheology and Breadmaking Performance of Rice-Buckwheat Batters Supplemented with Hydrocolloids.” *Food Hydrocolloids* 25(3): 340-349.
- Pombo, A. 2018. “Universidad Pública de Navarra.” *Desarrollo de un snack de pan incorporando harina de *Alphitobius diaperinus**. Comunicación personal.
- Sabanis, D., and C. Tzia. 2011. “Effect of Hydrocolloids on Selected Properties of Gluten-Free Dough and Bread.” *Food Science and Technology International* 17(4): 279–91.
- Sanchez, Hugo D., C. A. Osella, and M. A. De la Torre. 2002. “Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch.” *Journal of Food Science* 67(1): 416-419.
- Sarkar, N., and L. C. Walker. 1995. “Hydration-Dehydration Properties of Methylcellulose and Hydroxypropylmethylcellulose.” *Carbohydrate Polymers* 27(3): 177-185.
- Schober, Tilman J. et al. 2005. “Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences among Hybrids.” *Cereal Chemistry* 82(4): 394-404.
- Schober, Tilman J., Scott R. Bean, Daniel L. Boyle, and Seok Ho Park. 2008. “Improved Viscoelastic Zein-Starch Doughs for Leavened Gluten-Free Breads: Their Rheology and Microstructure.” *Journal of Cereal Science* 48(3): 755-767.
- Schober, Tilman J. 2009. *BLBK163-Gallagher 9 Manufacture of Gluten-Free Specialty Breads and Confectionery Products*: 130-180.
- Sciarini, Lorena S., Pablo D. Ribotta, Alberto E. León, and Gabriela T. Pérez. 2010. “Effect of Hydrocolloids on Gluten-Free Batter Properties and Bread Quality.” *International Journal of Food Science and Technology* 45(11): 2306-2312.
- Shah, Ankita V., Abu T.M. Serajuddin, and Robert A. Mangione. 2018. “Making All Medications Gluten Free.” *Journal of Pharmaceutical Sciences* 107(5): 1263–68. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2017.12.021>.
- “‘Sin Gluten’, Un Mercado Que Crece Vertiginosamente y Con Tirón - Pan&pizza.” <http://panypizza.com/sin-gluten-categoria/sin-gluten-mercado-crece-vertiginosamente-tiron/> (December 30, 2018).
- Suances, Cristina Merino. 2013. “Mejora de La Calidad de Panes Sin Gluten a Través de La Mezcla de Almidones y Harinas .” *Tecnología de los alimentos* 1: 1–33.
- “Symptoms of Celiac Disease | Celiac Disease Foundation. <https://celiac.org/about-celiac-disease/symptoms-of-celiac-disease/> (December 30, 2018).
- Topper.A. 2014“Non-Celiacs Drive Gluten-Free Market Growth | Mintel.Com.” <http://www.mintel.com/blog/food-market-news/gluten-free-consumption-trends> (December 30, 2018).
- Veraverbeke, Wim S., and Jan A. Delcour. 2002. “Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42(3): 179-208.



- Walker, C. E. 2009. "Bakery Food Manufacture and Quality: Water Control and Effects." *International Journal of Food Science & Technology* 44(11): 1-738.
- Walker, Graeme M., and Roy S.K. Walker. 2018. 105 *Advances in Applied Microbiology Enhancing Yeast Alcoholic Fermentations*. Elsevier Ltd 105: 87-129. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.05.003>.
- Wieser, Herbert. 2007. "Chemistry of Gluten Proteins." *Food Microbiology* 24(2): 115-119.
- Wieser, Herbert, and Peter Koehler. 2008. "The Biochemical Basis of Celiac Disease." *Cereal Chemistry* 85(1): 1-13.



ANEXO I



PRODUCTO	SUPERMERCADO	MARCA	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	INGREDIENTES	GLUTEN	PRECIO/UNIDAD	PRECIO/KG	IMAGEN
Panes mini horneados sabor tomate y orégano	Mercadona	Hacendado	Por 100 g: 498 kcal Grasas 26 g Saturadas 2 g HC 56 g Azúcares 7 g Fibra 1 g Proteínas 9 g Sal 5 g	Harina de trigo , aroma de queso (sal, maltotrexina, suero lácteo, potenciador del sabor E-621, colorante E-160c y aromas), aceite con alto contenido en oleico , sal, levadura , aceite de oliva virgen extra, harina de trigo , anti-apelmazante E-170i, emulgente E-472e, anti-oxidante E-300, enzimas y harina de malta.	SI	0,85 €/100 g	8,5€/kg	
Pan de pipas	Carrefour	mediterranea	Por 100 g: 522 kcal Grasas 32 g Saturadas 4.5 g HC 48 g Azúcares 4 g Fibra 3 g Proteínas 9 g Sal 1.1 g	Harina de trigo, aceite de girasol alto oleico (17%), pipas de girasol (14%), agua de mar (5% en el producto final) y levadura.	SI	0,91 €/90 g	10,11 €/kg	



Galletas saladas con sabor a finas hierbas	Carrefour	Carrefour	Por 100g: 513 kcal Grasas 28 g Saturadas 14 g HC 44 g Azúcares 2.8 g Fibra 7.7 g Proteínas 17 g Sal 1.9 g	Harina de trigo , aceites vegetales (girasol, colza), aceites vegetales totalmente hidrogenados (girasol, copra), quesos deshidratados (cuyo colorante: achiote), gluten de trigo , levadura, leche en polvo parcialmente desnatada, sal, aroma (contiene trigo), almidón modificado de patata, hierbas provenzales 0.64%, tomate en polvo, cebolla en polvo, perejil, lactosa , zanahoria, apio , puerro, ajo, col, pimienta blanca, emulgente: mono y diglicéridos de ácidos grasos, antioxidante: extractos de romero, colorantes: extracto de pimentón-curcumina-achiote, acidulante: ácido láctico.	SI	0,56 €/100 g	5,6 €/kg	
Colines de Espelta (Ecológico)	Merkabio	El granero integral	Por 100g: 386 kcal Grasas 1.8g Saturadas 1.4 g HC 80 g Azúcares 0.7 g Fibra 3.7 g Proteínas 11.4 g Sal 1.85 g	Harina de espelta, levadura *, sal marina y agua. (* Procedente de cultivo ecológico). Puede contener trazas de sésamo.	SI	1.51 €/150 g	10,07 €/kg	



Picos de Antequera	El corte inglés	El corte inglés	Por 100g: 390 kcal Grasas 1.3 g Saturadas 0.3 g HC 84 g Azúcares 2.4 g Fibra 0.26 g Proteínas 11 g Sal 3.2 g	Harina de trigo, agua, levadura natural y sal. Puede contener trazas de sésamo.	SI	1.8 €/140 g	12.86 €/kg	
Palitos de cereales con pipas	El corte inglés	Grefusa snatt's	Por 100 g: 505 kcal Grasas 27 g Saturadas 2.5 g HC 52 g Azúcares 1.8 g Fibra 5 g Proteínas 11 g Sal 2.1 g	Harina de trigo (62%), aceite de girasol (13%), semillas de girasol (13%), aceite de oliva (3%), levadura, sal.	SI	0.99 €/62 g	15,97 €/kg	



Barritas de pan crujiente con quinoa y semillas con aceite de oliva virgen extra	Caprabo	VELARTE snackium	Por 100g: 507 kcal Grasas 29 g Saturadas 3.3 g HC 48 g Azúcares 1.7 g Fibra 7.2 g Proteínas 12 g Sal 1.5 g	61% Harina de trigo, aceite de girasol alto oleico, 9,1% semillas de sésamo, 3,4% semillas de sésamo negro, 3% aceite de oliva virgen extra, semillas de girasol, sal, levadura, 0,9% harina de quinoa, aceite de oliva, anises y azúcar	SI	1.15 €/67 g	17.31 €/kg	
Barritas de pan crujiente con harina de espelta y avena	Caprabo	VELARTE snackium	Por 100g: 513 kcal Grasas 29 g Saturadas 3.2 g HC 49 g Azúcares 2.1 g Fibra 4.2 g Proteínas 12 g Sal 1.3 g	Harina de trigo 43%, harina de espelta 14.3%, aceite de girasol alto oleico, 9.1% aceite de oliva virgen extra, semillas de sésamo, 4% copos de avena, sal, semillas de cáñamo, semillas de girasol, 2.3% semillas de amapola y levadura.	SI	1.15 €/67 g	17.31 €/kg	



Barritas de pan crujiente con especias	Caprabo	Velarte snackium	Por 100g: 506 kcal Grasas 25 g Saturadas 3 g HC 61 g Azúcares 1.9 g Fibra 2.4 g Proteínas 8.6 g Sal 2.3 g	Harina de trigo, aceite de girasol alto oleico, 9.1% aceite de oliva virgen extra, 4.6% sal, levadura y especias (0.5% pimentón y 0.3% pimienta negra).	SI	1.15 €/67 g	17.31 €/kg	
Picos con aceite de oliva virgen extra	Dia	Dia	Por 100g: 399 kcal Grasas 2.7 g Saturadas 0.4 g HC 80.6 g Azúcares 1 g Fibra 3.2 g Proteínas 11.5 g Sal 1.78 g	Harina de trigo, levadura, sal, aceite de girasol alto oleico, aceite de oliva virgen extra (1%), emulgentes (E472e, lecitinas (contiene soja)) y antioxidante (E300).	SI	0.45 €/250 g	1.8 €/kg	

TUC Original	Dia	LU	Por 100g: 478 kcal Grasas 19 g Saturadas 1.9 g HC 67 g Azúcares 7.1 g Fibra 2.4 g Proteínas 8.3 g Sal 1.75 g	Harina de trigo, aceite de girasol 17%, extracto de malta de cebada, jarabe de glucosa, gasificantes (carbonatos de amonio, carbonatos de sodio), sal, huevo, aroma, agente de tratamiento de la harina (sulfito sódico), emulgente (lecitina de girasol).	SI	0.86 €/100 g	8.6 €/kg	
Pan con sabor a olivas y romero	Caprabo	Grefusa snatt's	Por 100g: 499 kcal Grasas 27 g Saturadas 2.9 g HC 54 g Azúcares 3 g Fibra 4 g Proteínas 9.5 g Sal 1.7 g	Harina de trigo 65%, aceite de girasol (20%), aceite de oliva 3%, levadura, sal, patata deshidratada, azúcar, especias y plantas aromáticas, ajo en polvo, tomate en polvo, aromas naturales, aceituna negra deshidratada (0.1%), romero (0.05%), cebolla en polvo, extracto de romero.	SI	1.25 €/110 g	11.36 €/kg	

Palitos cereales integrales	de	Caprabo	Grefusa snatt´s	Por 100g: 485 kcal Grasas 24 g Saturadas 3.6 g HC 53 g Azúcares 1.6 g Fibra 8.8 g Proteínas 10 g Sal 2 g	Harina de trigo integral (35%), harina de trigo (33%), aceite de girasol (13%), semillas de girasol (6%), aceite de oliva (3%), sal, levaduras, cebolla deshidratada.	SI	0.99 €/55 g	18 €/kg	
Palitos cereales chocolate avellanas	de con Y	Caprabo	Grefusa snatt´s	Por 100g: 490 kcal Grasas 23 g Saturadas 3.9 g HC 60 g Azúcares 6.6 g Fibra 3.7 g Proteínas 8.6 g Sal 1.3 g	Harina de trigo 59%, pepitas de chocolate negro 13% [pasta de cacao, azúcar, manteca de cacao], aceite de girasol 12%, aceite de oliva 3%, avellanas 2.5%, sal, levadura, azúcar.	SI	0.99 €/68 g	14.56 €/kg	

Picos camperos	Eroski	Eroski	Por 100g: 342 kcla Grasas 1.9 g Saturadas 0.3 g HC 69 g Azúcares 2.9 g Fibra 3.1 g Proteínas 11 g Sal 2 g	Harina de trigo, agua, levadura, aceite de oliva (2%) y sal.	SI	0.95 €/250 g	3.8 €/kg	
Quelitas	Caprabo	Quely	Por 100g: 472 kcal Grasas 20 g Saturadas 1.9 g HC 64 g Azúcares 4 g Fibra 2 g Proteínas 8 g Sal 1.6 g	Harina de trigo, aceite refinado de girasol alto oleico, levadura, aceite de oliva y sal marina.	SI	1.80 €/200 g	9 €/kg	

Picatostes	Caprabo	Recondo	Por 100g: 415 kcal Grasas 7.4 g Saturadas 0.8 g HC 71 g Azúcares 4.3 g Fibra 4.2 g Proteínas 14 g Sal 2 g	Harina de trigo, harina de sarraceno, aceite vegetal (girasol), azúcar, gluten de trigo, harina de evada malteada, sal, levadura, fibra de trigo, masa madre de centeno desvitalizada en polvo, harina de trigo malteada y agente de tratamiento de la harina: ácido ascórbico.	SI	1.35 €/110 g	12.27 €/kg	
Picos artesanos sin gluten	Carrefour	Panceliac	Por 100g: 344 kcal Grasas 4.3 g Saturadas 0.6 g HC 74 g Azúcares 0.8 g Proteínas 2.3 g Sal 0.8 g	Almidón de maíz, harina de arroz, levadura, jarabe de azúcar invertido, aceite de oliva (1.6%), azúcar, sal, estabilizantes E-464 y E-412 y E-450i y gasificante E-500ii.	NO	1.87 €/100 g	18.7 €/kg	

Crackers gluten free	Carrefour	Schär	Por 100g: 446 kcal Grasas 12 g Saturadas 7.1 g HC 79 g Azúcares 5.2 g Fibra 4.4 g Proteínas 3.3 g Sal 1.6 g	Almidón de maíz, harina de maíz, margarina vegetal [grasas y aceites vegetales (palma, palmiste, coco, colza en proporción variable), agua, sal, emulgente: mono y diglicéridos de ácidos grasos; aroma], maltodextrina, jarabe de arroz, almidón de tapioca modificada, harina de soja, sal, levadura, espesantes: goma guar, hidroxipropil metilcelulosa; gasificantes: tartrato monopotásico, carbonato ácido de amonio, carbonato ácido de sodio; emulgente: ésteres monoacetiltartárico y diacetiltartárico de monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos; aroma natural.	NO	3.60 €/210 g	17.14 €/kg	
Picos de cristal Sin gluten	Carrefour	Schär	Por 100g: 411 kcal Grasas 9 g Saturadas 5.4 g HC 73 g Azúcares 0.1 g Fibra 6.4 g Proteínas 6.2 g Sal 2.1 g	Almidón de maíz, harina de alforfón 28%, harina de arroz, grasa vegetal (coco), levadura, aceite vegetal (girasol) 2%, espesante: goma guar, sal, antioxidante: extracto de romero.	NO	1.22 €/60 g	20.33 €/kg	

ANEXO II

Cata de snacks panarios sin gluten

- (1) Valore las características de los snacks en el orden en que se le presentan (no olvide escribir el código), con una puntuación del 1 al 7 de acuerdo con la siguiente escala:

Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta un poco	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

CÓDIGO					
APARIENCIA					
COLOR					
OLOR					
TEXTURA					
SABOR					
VALORACIÓN GLOBAL					

- (2) Ordene los cinco snacks por preferencia, desde la que menos le gusta (izquierda) hasta la que más le gusta (derecha)

La que menos me gusta						La que más me gusta
-----------------------	--	--	--	--	--	---------------------

Género	<input type="checkbox"/> Femenino	Año de nacimiento: _____
	<input type="checkbox"/> Masculino	
Frecuencia con la que consumes snacks de pan (colines, picos, etc.):		
	<input type="checkbox"/> Varias veces a la semana	
	<input type="checkbox"/> Varias veces al mes	
	<input type="checkbox"/> Muy de vez en cuando	
	<input type="checkbox"/> Nunca	
¿Sueles consumir productos panificados sin gluten?		
	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
¿Estarías dispuesto a comprar alguno de estos productos? Si la respuesta es afirmativa especifica cual.		
	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Código/s de muestra: _____		

¡Muchas gracias por su colaboración!